KAT

Institut. de Documentare Tehnică
BUCUREȘTI
ОБМЕН - CHERE
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - CMEHA

ELECTROTEHNICA

REFERATIVA

1

Electrotehnica ANUL V Nr. 1 ianuarie 1957

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU, prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, prof. dr. ing. A. AVRAMESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R. (redactor responsabil), ing. V. BUNEA, laureat al Premiului de Stat, prof. dr. ing. V. CORLĂȚEANU, conf. ing. D. DAMSKER, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. ST. GROSU, ing. GH. HORȚOPAN, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. G. LAZARIDE, prof. dr. ing. R. RĂDULET, membru corespondent al Academiei R.P.R. laureat al Premiului de Stat.

Extras din recomandările privind întocmirea articolelor tehnico-științifice

1. *Lucrări ce pot fi prezentate spre publicare sînt: de importanță generală, tehnico-științifice speciale, teoretice sau experimentale și tehnice obișnuite.*
2. *Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învățămînt, producție, este condiția esențială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuție trebuie să se refere la probleme noi și actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde considerații privind eficiența economică a soluțiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.*
3. *Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se prelează la asemenea verificări.*
4. *Lucrări care au mai fost publicate integral sau parțial, nu pot fi trimise redacției spre publicare*
5. *Un scurt rezumat fixînd premizele de la care s-a pornit, problema studiată și cadrul în care este tratată, nedepășind 6—8 rînduri, se va anexa lucrării.*
6. *În introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei și în preocupările producției; de asemenea se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuția autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permițînd inteligibilitatea fără dificultăți a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstrații voluminoase; de asemenea se va evita repetarea în text aceea ce se poate fi găsit în literatura publicată, sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.*
7. *Concluziile vor concentra rezultatele obținute cu indicarea limitei de valabilitate și aplicațiilor posibile.*
8. *Anexele pot cuprinde demonstrații originale sau absolut necesare înțelegerii formulelor din text; de asemenea în anexe se pot da exemple de calcul.*
9. *Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmațiile luate din alte lucrări și care nu sînt în general cunoscute.*
10. *Nivelul articolelor va fi înalt.*
11. *Dezvoltările matematice vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului. Pentru demonstrații se vor alcătui anexe.*
12. *Scrierea formulelor. Se recomandă o atenție deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grije literele majuscule, minuscule sau cele ruseșți, romane, grecești, germane etc.*
13. *Lista bibliografică se va întocmi caprinzînd lucrările la care se referă textul (cît și figuri sau tabele) speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale Pentru cărți: numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet (eventual și tradus în paranteză), ediția, editorul, locul editării, anul. Pentru articole: numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus în paranteze), revista tomul, anul, numărul, paginile.*
14. *Scrisul la mașină al articolelor este recomandat cu insistență exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură față, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.*
15. *Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicații.*
16. *Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. În notă se va indica: titluri academice, funcțiuni, localitatea și adresa domiciliului, număr de telefon.*
17. *Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora de publicare.*
18. *Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 ore de la primire. Nu se admit modificări esențiale față de manuscris, în care caz ele cad în sarcina autorului.*

Revista „Electrotehnica", organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Energiei Electrice și Industriei Electrotehnice. Editor: Asociația Științifică a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. Redacția: București, Str. Ion Gnica nr. 3, telefon 3 57 28 — 3 07 30. Administrația și Casieria: București, Cal. Victoriei 118, telefon 4 06 24. Redacția își rezervă toate drepturile privind lucrările precum și materialul grafic-ilustrativ apărut în revistă cît și cele privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase, referate sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei. Revista apare lunar. Abonamentul anual: pentru întreprinderi lei 96 și individual lei 30. Prețul unui exemplar: lei 5. Abonamentele se primesc la sediile administrației sau redacției, sus indicate. Tiparul: Întreprinderea Poligrafică nr. 3. București.

ELECTROTEHNICA

Anul V Nr. 1 ian. 1957

SUMAR

Editorial :
Sarcinile revistei noastre în urma plenarei C.C. al P.M.R. din 27—29 decembrie 1956.
Electrotehnica, V (1957) nr. 1, p. 1

C.Z. 621.3.001.5(R)
Redacția :
Problemele științifice ale electrotehnicii românești
Electrotehnica, V (1957) nr. 1, p. 2.

C.Z. 621.369 :621.316.8
1) *Avramescu, A.* :
Rezistențe tubulare tip plonjor, pentru aparate electrotermice
Electrotehnica V (1957) nr. 1, p. 4

Se expun calculele teoretice de comportare în regim normal și accidental al rezistențelor tubulare utilizate la încălzitoare casnice și industriale. Rezultatele calculelor se întrebuințează pentru dimensionarea unei serii de încălzitoare tip plonjor. Experiențe de laborator efectuate pe un număr de prototipuri confirmă o bună concordanță ntre parametrii deduși teoretic și măsurați în laborator.

C.Z. 621.319.53
Hortopan, Gh. :
2) Observații privind calculul și comanda unui generator de impuls
Electrotehnica, V (1957) nr. 1, p. 13

Se indică definiția CEI a undei de impuls de tensiune. Se deduce, folosind transformata Laplace, relația analitică pentru unda de tensiune a generatorului de impuls funcționînd după schemele Marx și Marguerre. Se calculează valoarea capacității de impuls a transformatorului. Se dau informații asupra comenzii și modului de înregistrare a undei generatorului de impuls ICPET.

C.Z. 621.316.13.025.3 : 621.317.38
3) *Preda, M.* și *Ambrosie, C.* :
Posibilități de măsurare a puterii reactive și a energiei reactive în rețele trifazate nesimetrice
Electrotehnica V (1957) nr. 1, p. 19

Se studiază problema măsurării puterii reactive și a energiei reactive cu ajutorul wattmetrelor respectiv al contoarelor de inducție în cazul general al rețelelor trifazate cu asimetrie totală. Tratarea problemei se face într-o formă unitară, bazată pe metoda mărimilor complexe și pe teoria componentelor simetrice.

NOTE
C.Z. 538.551.2
4) *Stănciulescu, Fl.:*
Regimul aperiodic critic în circuitul serie RLC
Electrotehnica V (1957) nr. 1, p. 27

DISCUȚII
C.Z. 621.313.017.71
Asupra articolului „Considerații asupra unor mașini electrice dimensionate la limita de încălzire"
Bogdănesu, Gh.: Observații
Bunea, V.: Răspuns
Electrotehnica V (1957) nr. 1, p. 28

REFERATE, p. 30

RECENZII, p. 35

CRONICA, p. 36

СОДЕРЖАНИЕ

От редакции :

Задачи нашего журнала на пленарном заседании ЦК. РРП из 27—29 декабря 1956 г.
Electrotehnica, V (1957) nr. 1, p. 1

C.Z. 621.3.001.5 (R).
Редакция :

Научные вопросы румынской электротехники
Electrotehnica, V (1957) nr. 1, p. 2

C.Z. 621.369 : 621.316.8.
Avramescu, A.:
Трубчатые сопротивления плунжерного типа.
Electrotehnica, V (1957) nr. 1, p. 4

Излагаются теоретические расчеты поведения в нормальном режиме трубчатых сопротивлений используемые в качестве бытовых и промышленных электро-нагревателей. Результаты расчета используются для проектирования серии нагревателей плунжерного типа, Проведенные лабораторные испытания указывают, что между теоретисески выведенными параметрами и измеряемыми параметрами существует прямое соответствие.

C.Z. 621.319.53
Hortopan, Gh.:
Замечания к расчету и управлени импульсного генератора.
Electrotehnica, V (1957) nr. 1, p. 13

Указывается определение М.Э.К. импульсной волны напряжения. При помощи преобразования Лапласа выводится аналитическое выражение волны напряжения импульсного генератора работающий по схемам Маркса и Маргера. Расчитывается значение импульсной емкости трансформатора. Даются сведения об управлении и способа записывании волны импульсного генератова ICPET

C.Z. 621.316.13.025.3 : 621.317.38.
Preda, M. şi *Ambrozie, C.:*
Возможности измерения реактивноймощности и реактивной энергии в несимметричных трехфазных сетях.
Electrotehnica V (1957) nr. 1, p. 9

Анализируется вопрос измерений реактивной энергии с помощью ваттметров, соответственно индуктивных счетчиков, в общем случае полной асимметрии трехфазных сетей. Аннлиз вопроса делается методом коммплексных величин и на осиове теории симметричных составляющих.

ЗАМЕТКИ·
C.Z. 538.551.2
Stănciulescu, Fl.:
Апериодический критический режим в последовательной цепи RLC.
Electrotehnica, V (1957) nr. 1, p. 27

ДИСКУСИИ.
C.Z. 621.313.017.17.
К статье: О некоторых вопросах электрических машин расчитанных на предельно допустиммый нагрев.
Electrotehnica, V (1957) nr. 1, p. 28
Bogdănescu, Gh.: Заметки
Bunea, V.: Ответ

ОБЗОРЫ p. 30
РЕЦЕНЗИИ p. 35
ХРОНИКА p. 36

Országos Műszaki Könyvtár TULAJDONA

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ȘI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Anul V | Nr. 1 | București, ianuarie 1957

Sarcinile revistei noastre în urma plenarei C. C. al P. M. R. din 27—29 decembrie 1956

Întreaga intelectualitate tehnică din țara noastră a dezbătut cu mult interes, hotărîrile plenarei Comitetului Central al Partidului Muncitoresc Romîn din 27—29 decembrie 1956. Tov. Ing. G. Gaston Marin, președintele Comitetului de Stat al Planificării a expus problemele ridicate de plenară la Adunarea inginerilor și tehnicienilor din București, care a avut loc la 22 ianuarie 1957. De asemenea, ședința lărgită a Biroului Consiliului Central al A.S.I.T., din 27 ianuarie 1957 a luat în discuție sarcinile Asociației în lumina hotărîrilor plenarei.

Principiile orientării noastre economico-industriale, care interesează sectorul electrotehnic, se pot concretiza succint în cele ce urmează :

Fabricarea echipamentului electric, necesar marii industrii chimice, agriculturii, industriei petrolifere, miniere, energetice și celorlalte ramuri ale economiei naționale, trebuie să fie o preocupare de seamă a cărei rezolvare trebuie dată la nivelul tehnicii mondiale și în condiții economice cît mai avantajoase.

Industria electrotehnică produce o bogată gamă de produse de larg consum, necesară populației urbane și rurale. Permanenta îmbunătățire a calității aparatelor electro-casnice, cît și lărgirea nomenclatorului lor, constituie o sarcină importantă pentru industria noastră de aparate electrice. De asemenea, trebuie acordată atenție aparatelor electro-medicale.

Pe scara întregii industrii electrotehnice, trebuie urmărită permanent ridicarea productivității muncii prin mecanizarea proceselor de producție, automatizare, înlocuirea procedeelor tehnologice vechi și nerentabile.

O dată cu reducerea centralismului excesiv, se vor putea impune cu mai multă rapiditate inițiativele valoroase, ideile înaintate ale inginerilor noștri din sectoarele producției, cercetărilor, proiectărilor etc. Revista are rolul de a fi o tribună a ideilor avansate, a propunerilor valoroase, care vor sluji interesele evoluției noastre tehnice-economice, pe baza sarcinilor generale trasate. Oglindirea acestor preocupări, care au ca țel ridicarea nivelului de trai, material și cultural, al poporului nostru, în cadrul revistei noastre. constituie datoria cea mai importantă a Comitetului de redacție. În acest scop, la stabilirea tematicii și aprecierea lucrărilor prezentate spre publicare, redacția va urmări orientarea acestora către problemele actuale de politică tehnică și economică ale statului nostru.

O dată cu dezvoltarea industriei electrotehnice alături de evoluția tot mai rapidă a tehnicii curenților slabi, cît și prin continua procupare și activitate în domeniul automatizărilor și folosirii energiei nucleare în scopuri pașnice, revista „Electrotehnica" s-a dovedit a nu putea cuprinde satisăcător toate problemele ce-i stăteau în față cu un profil atît de vast și un număr de pagini limitat. Drept urmare, s-a hotărît limitarea profilului revistei „Electrotehnica" numai la problemele electrotehnicii teoretice, mașinilor și aparatelor electrice, măsurilor electrice și materialelor electrotehnice, tehnicii tensiunilor înalte și iluminatului electric. Problemele de electronică industrială, automatică și nucleonică, cît și problemele de radiocomunicații, telefonie, telegrafie și electroacustică vor forma obiectul altor publicații. Această reprofilare va marca un salt important corespunzător cerințelor actuale ale dezvoltării impetuoase a tuturor aplicațiilor electricității.

Pentru problemele care au rămas în profilul revistei noastre, tematica se va întocmi și publica cît mai curînd. Se va axa, în general, pe tematica din anul trecut completată cu cerințele sarcinilor noi și redusă la domeniile ce au rămas în competența sa. Redacția depune un efort susținut pentru îmbunătățirea formei și fondului articolelor, cît și a mijloacelor de documentare și informare. Măsurile respective se vor comunica cititorilor și autorilor în următorul număr al revistei.

Ne exprimăm convingerea, că avînd sprijinul colaboratorilor și cititorilor noștri, vom reuși să găsim aprecierea eforturilor noastre îndreptate spre promovarea progresului tehnic și propășirea electrotehnicii romînești.

Problemele științifice ale electrotehnicii românești

C.Z. 621.3.001.5(R)

Industria electrotehnică românească s-a dezvoltat puternic în ultimii ani. Astăzi se fabrică în țară majoritatea utilajului electrotehnic, pe care celelalte industrii — chimică, metalurgică, extractivă, energetică — îl reclamă. În avîntul industriei electrotehnice în prima fază, s-a acordat atenție deosebită cantității de produse, în scopul de a se acoperi cererile stringente de utilaj electrotehnic. În momentul de față, există uneori unele lipsuri în ce privește calitatea acestui utilaj. Măsuri energice și eficace au fost luate de către organele de resort, în vederea îmbunătățirii calității, și în vederea menținerii acestor măsuri ca preocupare constantă. Dezvoltarea industriei electrotehnice românești, cere rezolvarea unor probleme științifice în scopul asimilării de noi tipuri de mașini și aparate și perfecționării tipurilor asimilate mai înainte.

Problemele științifice sînt legate atît de calitatea utilajului fabricat cît și de prețul de cost al fabricației, care depinde în largă măsură de aplicarea metodelor tehnologice noi de producție. Este de dorit ca performanțele acestui utilaj, din punct de vedere pur tehnic și din punct de vedere economic, să fie cunoscute pentru a putea compara utilajul electrotehnic indigen cu cel străin și a stabili astfel poziția exactă a fabricației indigene. Rezultă de aici, că este necesar atît cunoașterea parametrilor utilajului fabricat în țară dar și cunoașterea utilajului fabricat în alte țări. Din momentul cînd acest stadiu va fi atins drumul către o creație proprie, organică, va fi deschis, iar întrecerea, în ce privește calitatea și prețul de cost față de produsele străine, nu va mai constitui o dificultate.

Pentru atingerea stadiului expus trebuie ca atît în institutele de specialitate, în fabrici cît și în instituțiile de învățămînt superior să se depună eforturi care să conducă la abordarea și rezolvarea unor probleme cu caracter științific.

Activitatea științifică în domeniul utilajului electrotehnic s-a conturat destul de tîrziu la noi în țară. Abia în jurul anului 1950 s-au organizat primele începuturi. Astăzi această activitate este mai închegată și se poate spune că au fost obținute primele rezultate. Problemele științifice ale electrotehnicii românești se rezolvă acum în: laboratoarele întreprinderilor productive, institutele departamentale, învățămîntul superior și Academia R.P.R. Rezolvarea problemelor în cadrul grupărilor științifice menționate poate decurge acum coordonat și pe măsura forțelor fiecărei grupări științifice. Spre exemplu, probleme cu caracter de aplicabilitate imediată trebuie să se rezolve de către laboratoarele întreprinderilor productive, probleme privind adoptarea tipurilor noi de utilaj și verificarea parametrilor utilajului produs în întreprinderile productive se rezolvă de către institutele departamentale, iar problemele cu caracter de perspectivă și cu caracter științific foarte avansat urmează a se rezolva de institutele de învățămînt superior și de Academia R.P.R. Este util să enunțăm aceste probleme grupate pe ramuri de specialitate. Problemele care vor fi enunțate, nu au caracter limitativ, ci constituie doar exemple. Tematica ce se va indica poate fi extinsă atît ca varietate cît și ca profunzime.

Aparatajul de joasă tensiune. În această ramură este necesar a se studia științific *arcul electric* în aer, în lichide (ulei) și în nisip. În ce privește capacitatea de rupere a întreruptorilor de joasă tensiune, de mare importanță este a se clarifica influența *tensiunii de revenire* și a *curentului după întrerupere*. Atenția cuvenită trebuie acordată și *mecanismelor*. Pentru verificarea experimentală a cercetărilor din acest domeniu trebuie folosite mijloace adecvate: *lupa de timp, șuntul cu seleniu, oscilografia normală, wattmetrul electronic pentru înscrierea puterii momentane*.

Aparatajul de înaltă tensiune. Pentru întreruptorii de putere trebuie stabiliți parametrii: *puterea de rupere, caracteristica în gol, influența frecvenței proprii a rețelei asupra puterii de rupere*. Este adevărat că nu se dispune în țară de o stație de încercări la puterea de rupere, echipată cu generatori de scurtcircuit și că această stație ar lămuri multe probleme, dar este tot atît de adevărat că, încercări de mare importanță se pot realiza în rețea și în laborator cu mijloace mai puțin costisitoare. În acest sens considerăm că este util a se întreprinde cercetări în vederea stabilirii posibilității de încercare la puterea de rupere și în gol, în rețea la întreruptorii cu puteri de rupere reduse. O atenție deosebită trebuie acordată *încercărilor sintetice* atît pentru întreruptori cît și pentru siguranțe.

Rezolvarea cu succes a problemei *siguranțelor de putere* de tip exterior ar constitui o însemnată economie pentru țara noastră.

Perfecționarea *descărcătorilor*, prin reducerea timpului de amorsare, extinderea cercetărilor asupra tipurilor necesare la toate tensiunile rețelelor, constituie primul pas de realizat în vederea reducerii avariilor în sistemele energetice.

Mașini electrice rotative. Dezvoltarea mașinilor electrice rotative este în legătură directă cu *materialele izolante* noi, în special lacuri și țesături. Dar chiar pentru mașinile construite după o tehnologie mai veche, constatăm că problema *ventilației interne* și a *răcirii mașinilor*

electrice nu a fost abordată aproape de loc la noi în ţară. Cunoscînd că gradul de încălzire a maşinii determină puterea sa, rezolvarea corectă a problemelor de ventilaţie atrage după sine o micşorare a costului maşinii, dat fiind că în faza actuală maşinile care se construiesc în ţară sînt în general, supradimensionate. Comportarea înfăşurărilor maşinilor electrice, fabricate în ţară, *la unde de impuls*, nu s-a studiat.

Transformatori de putere. În ţară se construiesc acum transformatori de ordinul zecilor de MVA, după soluţii clasice vechi. Probleme tehnice şi economice se ridică relativ la folosirea *tolelor laminate la rece* cu cristale orientate şi pierderi reduse. Sînt încă de studiat *formele constructive* pentru simburele de oţel şi soluţiile adoptate pentru *izolaţii*. *Repartiţia tensiunilor* de-a lungul înfăşurărilor la unde de impuls normale şi tăiate constituie probleme care trebuie clarificate pentru transformatorii fabricaţi în ţară. *Studiul fenomenelor* deformante produse de transformator şi al *zgomotului* nu s-au studiat la noi. În cazul construirii transformatorilor de putere mare se recomandă încercări pe *modele* pentru care se stabilesc legi de similitudine. *Stabilitatea la scurtcircuit* a transformatorilor cu înfăşurări de cupru şi aluminiu nu a fost studiată simultan teoretic şi experimental. *Încercarea în sarcină* a transformatorilor prin metoda opoziţiei nu a fost aplicată practic şi nici elucidată teoretic.

Forme constructive şi materiale noi. Dezvoltarea noilor tipuri de utilaj electrotehnic se bazează în mare măsură pe producerea materialelor noi şi pe adoptarea de noi forme constructive. Astfel este necesară examinarea *formelor constructive* pentru izolatorii de porţelan fabricaţi pe bază de model. Această examinare urmează să se facă pe baza *repartiţiei intensităţii cîmpului electric* pe izolator şi în deplină concordanţă cu *coordonarea izolaţiei* pe bază de nivele de izolaţie. *Masele plastice izolante noi* permit o reducere apreciabilă a dimensiunilor *transformatorilor de măsură*. Rezolvarea acestei probleme este posibilă numai prin colaborarea dintre sectoarele electrotehnic şi chimic. Introducerea *sticlei* la fabricarea izolatorilor de înaltă tensiune se poate realiza numai pe baza unor studii privind repartiţia intensităţii cîmpului electric şi comportarea materialului la agenţi chimici şi fizici. În ultimul timp s-au obţinut în ţară magneţi permanenţi pe bază de *ferită de bariu*. Studiile privind producerea acestor magneţi trebuie continuate în vederea îmbunătăţirii performanţelor actuale.

Semiconductorii constituie un domeniu cu largi posibilităţi de dezvoltare. Elucidarea problemelor de structură, care explică *funcţionarea transistorilor, diodelor cu germaniu, carborundului electrotehnic*, fac posibilă stăpînirea tehnicii fabricaţiei în acest domeniu şi aplicarea lor în domeniul curenţilor tari.

Factorul de putere. Rezolvarea acestei probleme depinde direct de realizarea *mijloacelor de compensare*. Domeniile tehnice şi economice pentru fiecare mijloc de compensare — motor sincron, motor asincron compensat, condensator — rămîn a fi stabilite pentru producţia din ţara noastră. Stabilirea domeniilor menţionate are menirea de a înlătura ezitarea ce se observă privind fabricarea condensatorilor statici şi de a dirija producţia de maşini rotative corespunzătoare pe o bază ştiinţifică.

Tehnologia. Pentru obţinerea unui utilaj cu preţ de cost redus şi cheltuieli de exploatare minime este necesar a se studia *factorul de umplere* privind secţiunea de fier activ şi secţiunea materialului conductor. Metode tehnologice noi bazate pe folosirea energiei electrice: *călirea superficială a metalelor, topirea metalelor, prelucrarea prin scîntei, tăierea metalelor dure*, trebuie introduse, iar cînd este necesar utilajul corespunzător trebuie să fie fabricat.

Probleme economice. Stabilirea *preţului de cost* pentru produsele electrotehnice şi analizarea acestui preţ de cost, indică existenţa punctelor slabe în organizarea producţiei şi conduce la eliminarea acestor puncte slabe. Tot din punct de vedere economic trebuie privită şi problema *înlocuirii cuprului cu aluminiu*, în construcţia maşinilor electrice.

Standarde de stat. Publicarea *proiectelor de standarde de stat*, privind produsele electrotehnice, creează posibilitatea ca un număr mai mare de specialişti să îşi aducă contribuţia lor. Este ştiut că prin *respectarea condiţiilor tehnice* din standarde se asigură calitatea bună a produselor electrotehnice.

Documentaţia. În vederea introducerii tehnicii noi, a metodelor tehnologice noi, este necesar a cerceta publicaţiile periodice şi cărţile de specialitate din ţară şi din străinătate. Apare deci necesar ca revista să continue întocmirea de *recenzii şi referate*, privind lucrările electrotehnice cele mai importante.

Formarea de cadre. Pentru rezolvarea problemelor cu caracter ştiinţific, privind electrotehnica romînească este necesar să existe cadre temeinic pregătite. Pregătirea are loc în institutele de învăţămînt superior — institute politehnice şi universităţi — dar şi înafara acestor institute, prin cursuri speciale organizate de Academia R.P.R. Un rol important în formarea cadrelor îl are contactul cu lucrările şi publicaţiile din ţară şi străine. Se constată că problemele, pe care tinerii absolvenţi au a le rezolva, nu sînt de şablon şi nu pot fi de şablon, deoarece ştiinţa şi tehnica este în continuă evoluţie. Ca urmare în institutele de învăţămînt superior trebuie să se acorde o mare atenţie cursurilor de bază: matematică, fizica modernă, chimia, bazele electrotehnicii. Viitorul om de ştiinţă urmează a rezolva în şcoală înafară de proiecte şi lucrări cu caracter de cercetare care nu necesită model sau rutină, ci necesită iniţiativă

şi curaj de a rezolva o problemă nouă sau numai schiţată. Este acum clar că pentru rezolvarea problemelor electrotehnicii romîneşti nu este nevoie numai de ingineri electrotehnicieni şi mecanici. Contribuţia pe care urmează să o aducă *fizicienii*, *chimiştii şi metalurgiştii* este importantă. Problema colaborării între specialiştii menţionaţi este deschisă.

S-a schiţat în rîndurile de mai sus, o tematică, nelimitată, a problemelor ştiinţifice ale electrotehnicii romîneşti. Revista Electrotehnica invită pe specialiştii din industrie, din institute departamentale, din institute de învăţămînt superior şi din institutele Academiei R.P.R. să ia parte la rezolvarea problemelor legate de dezvoltarea industriei noastre electrotehnice. Acum nu se poate concepe progres în nici o ramură industrială din ţara noastră şi nici ridicarea nivelului de viaţă al poporului muncitor, dacă problemele electrotehnicii romîneşti nu îşi vor găsi rezolvarea. Cu atît mai clar rezultă necesitatea colaborării specialiştilor,în sensul arătat, în vederea îndeplinirii celui de al doilea plan cincinal şi al construirii socialismului.

Redacţia

Rezistenţe tubulare tip plonjor, pentru aparate electrotermice

(Comunicare din Institutul de Cercetări şi Proiectări Electrotehnice)

Prof. Dr. Ing. A. AVRAMESCU

Membru corespondent al Academiei R.P.R.

In cadrul programului de lărgire a sortimentului de bunuri de larg consum, s-a studiat teoretic comportarea rezistenţelor tubulare utilizate în încălzitoare electrice. Se arată cum rezultatele calculelor se aplică la dimensionarea unor rezistenţe tip plonjor, des utilizate în gospodăria casnică sau în industrie. Experienţe de laborator efectuate pe prototipuri arată a bună concordanţă între valorile calculate şi măsurate.

C.Z. 621.369 :621.316.8

1. Aparate electrotermice

Pe linia punerii la dispoziţia marilor mase ale poporului de bunuri de larg consum, aparatele electrice casnice au un rol important, pentru că ele contribuie în mod efectiv la ridicarea nivelului de viaţă. Consumul specific de energie electrică în gospodării urbane, în marea şi în mica industrie este un criteriu bine cunoscut pentru aprecierea gradului de civilizaţie. Aparatele electro-calorice reprezintă între aceste aparate clasa cea mai interesantă, nu numai pentru varietatea şi utilitatea mare a lor, dar şi pentru că ele consumă o mare parte din energia total absorbită, şi anume cu un factor de putere, coeficient de utilizare şi de simultaneitate foarte favorabil pentru întreprinderea producătoare şi distribuitoare de energie [1]. Un motiv mai mult pentru introducerea lor pe scară largă.

Construcţia aparatelor electrotermice pune însă probleme deosebit de dificile. Pe de o parte se impune ca transformarea de energie electrică în cea calorică să aibă loc la temperaturi din ce în ce mai mari, spre a putea obţine un randament cît mai bun, pe de altă parte, temperaturile ridicate solicită materialele deosebit de greu şi limitează sortimentul de materiale la cele cu calităţi excepţionale [2]. Precauţiunile necesare pentru evitarea oricărui accident, au determinat formularea unor prescripţii severe pentru aceste aparate [3]. Standardele de Stat [4] urmează această tendinţă de asigurare a unei funcţionări fără pericole şi impun numeroase condiţii aparatelor de utilizare din gospodării (STAS 2 000—51). Aceste măsuri sînt absolut necesare deoarece materialul aparatelor electrocalorice este solicitat greu la tensiuni mecanice în cursul încălzirii şi răcirii rapide, chiar în condiţii normale de funcţionare şi cu atît mai mult în cazuri accidentale. Corpul de încălzire (eventual spirala de încălzire) se poate coroda mult mai uşor la înaltele temperaturi care apar în aceste aparate [5]. Din punct de vedere al consumatorului se cere un schimb de căldură eficace, deci căldura produsă trebuie să fie condusă cît mai repede la suprafaţa de răcire. Capacitatea termică a aparatelor trebuie să fie deci mică [6].

Din punct de vedere constructiv se pun probleme ca :

— evitarea alegerii unor materiale deficitare ;
— păstrarea calităţii fine la predarea către consumator ;
— asigurarea unei construcţii şi tehnologii cît mai simple ;
— adaptarea la utilajul existent în fabricile constructoare.

Toate aceste condiţii arată că proiectantul unor aparate electrocalorice are o mare responsabilitate şi pentru a găsi soluţia cea mai potrivită, el trebuie să posede cunoştiinţe temeinice nu numai în electrotehnică, ci şi în construcţia aparatelor, în tehnica materialelor etc.

2. Rezistenţe tubulare

Între toate aparatele electrocalorice, cele care îndeplinesc cu prisosinţă condiţiile impuse sînt încălzitoarele tubulare [7]. Partea activă a lor este compusă dintr-un tub metalic din alamă, cupru sau oţel, care se acoperă de obicei cu un strat rezistent la coroziune ca Ni, Zn, Cr sau oxid de

Al. Tubul cuprinde o spirală sau bandă din material de mare rezistență (Cr—Ni, Cr—Ni—Fe, etc), înconjurată de umplutură ca nisipul de cuarț, praful de magnezită, de șamotă. Procedeul de fabricație are o influență mare asupra performanțelor. Există numeroase procedee, unele mai simple, altele mai complicate. Cen-

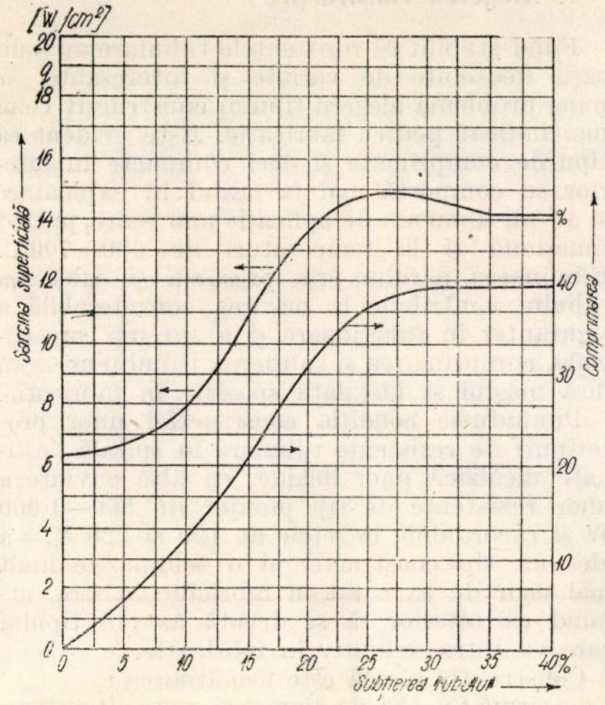


Fig. 1. Sarcina superficială limită și comprimarea masivă în funcție de subțiere.

trarea spiralei se poate asigura prin mărgele de porțelan sau steatită, nisipul de cuarț umplînd golurile. Dispozitive speciale de centrare permit a se renunța la mărgelele de porțelan, care au rezistență calorică mare.

S-a observat că performanțele rezistenței se ameliorează dacă tubul cu spirala centrală, umplut cu materialul grăunțos izolant, se subțiază printr-un proces mecanic de ciocănire centrală sau de trefilare. După cum se arată în fig. 1, prin subțierea de 25% se atinge o valoare maximă a sarcinii superficiale și o densitate limită. Prelucrarea superficială mărește considerabil rezistența mecanică a țevii și permite îndoirea ei cu raze relativ mici [8]. Eliminarea concomitentă a aerului din tub mărește considerabil conductibilitatea termică interioară și permite o încălzire rapidă. Deformările termice devin minime și sarcina superficială de distrugere crește de la circa 6 la peste 14 W/cm². Prin procedeul de subțiere se fixează totodată și clemele de racord de spirală. Izolația spiralei se îmbunătățește cu timpul din cauza eliminării resturilor de umezeală.

Un alt procedeu prevede introducerea a trei benzi din Mg pur în tub care se dispun în jurul spiralei din Cr—Ni. După un tratament termic variat în autoclave și o uscare, magneziul trece în oxid de magneziu cristalin, mărindu-și volumul, deci umplînd golurile de aer. Oxidul de magneziu cuprinde după prelucrare în mod complet spirala activă, astfel că izolația se poate reduce la grosimea absolut necesară. Cu cît mai subțire și mai compactă este însă pătura de izolație cu atît mai joasă este temperatura spiralei și mai lungă durata ei de viață [7]. În interiorul spiralei se toarnă nisip de cuarț fin. Tubul finit se poate îndoi la rece.

Grosimea izolației se poate reduce din cauză că centrarea spiralei este asigurată de la înce-

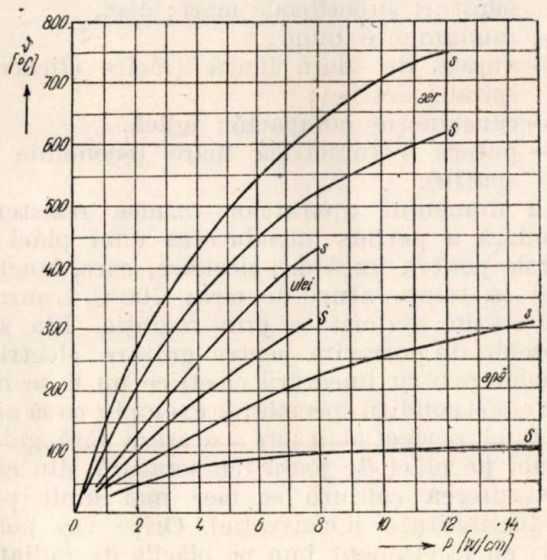


Fig. 2. Temperatura spiralei și a țevii.

put. Conductibilitatea calorică a oxidului de magneziu fiind relativ bună, temperaturile de regim ale spiralei se pot alege mai joase, mărind astfel durata de viață a rezistenței.

În fig. 2 se arată temperaturile superficiale ale spiralei și tubului de oțel astfel construit și încălzit în apă, ulei și aer, în funcție de sarcina superficială pe cm lungime. Tubul avînd

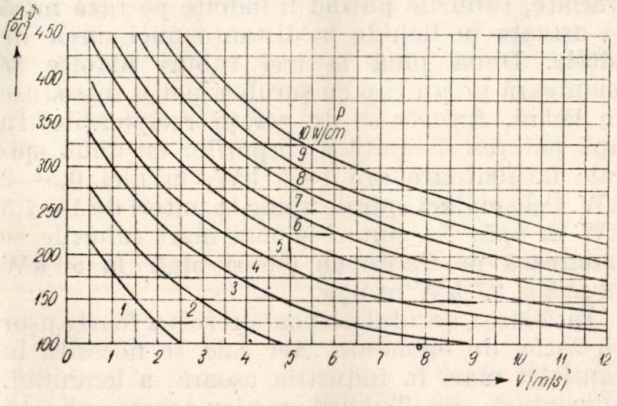


Fig. 3. Diferența de temperatură între țeavă (∅ 9 mm) și aerul în mișcare.

diametrul de 9 mm suprafața de izolație este de 0,283 cm²/cm. Din aceste curbe se pot obține coeficienții de cedare a căldurii în W/cm² grad.

În aer, influența mișcării aerului este foarte importantă. În fig. 3 se arată că temperatura superficială scade repede cu viteza aerului la sarcini constante.

3. Aplicațiile rezistențelor tubulare

Apariția rezistențelor tubulare ca elemente încălzitoare a produs schimbări radicale în construcția aparatelor electrice utilizate în gospodării, în mica și marea industrie.

Avantajele practice ale tuburilor sînt:

— capacitatea termică relativ mică și temperaturi superficiale mari; deci,
— randamente bune;
— durata de viață lungă (răcire eficace a spiralei active);
— construcție compactă; adică,
— putere volumetrică mare (economie de spațiu).

În domeniul aparatelor casnice rezistența tubulară a permis introducerea unor plăci de spirale pentru bucătării electrice, care, funcționînd la temperaturi de circa 700°C, transmit căldura în majoritate prin radiație. Ele sînt deosebit de potrivite pentru grătare electrice. Vaselor pentru bucătării electrice nu li se mai pun astfel condiții speciale (de exemplu ca să aibă un fund perfect plan spre a se așeza fără goluri de aer pe plăci de joasă temperatură, din care transmiterea căldurii se face mai mult prin conductibilitate și convecție). Orice vas poate servi cu randament bun pe plăcile de radiație.

Rezistența tubulară a permis construcția unor fiare de călcat de putere mare și capacitate termică mică, deci timp de încălzire scurt. Pe cînd fiarele obișnuite au puteri de circa 500 W și o greutate de 3 kg, fiarele construite pe baza tuburilor comprimate au 1 000 W și cîntăresc numai 1,5 kg soclul fiind din Al și nu din Fe. Corpurile de încălzire (bateriile) pentru încălzitoarele de apă și alte lichide, construite cu ajutorul rezistențelor tubulare au forme foarte variate, tuburile putînd fi îndoite pe rază mică și așezate în lichide la distanțe mici unele de altele. Două pînă la trei tuburi îndoite se montează pe un cap cu șurub și pot fi introduse în lichid, fixîndu-se de pereții recipienților. În apă puterea disipată a corpurilor cu două spirale încălzitoare are 1—5 kW, în ulei 0,5—2 kW. Cele cu trei spirale ajung la puteri de 1—7,5 kW în apă. La puteri și mai mari tuburile se montează pe flanșe cu puteri pînă la 80 kW în apă și 27 kW în ulei.

Încălzirea aerului se poate rezolva foarte ușor cu astfel de elemente. Aer cald se necesită în cantități mari în industria ușoară, a lemnului, alimentară etc. Tuburile pentru aceste aplicații sînt drepte și dispuse la intervale egale. Fixarea pe două flanșe se poate evita dacă tuburile se îndoaie la capăt și se reconduc pe o singură flanșă. Astfel de dispozitive s-au construit pînă la puteri de 160 kW.

S-au proiectat și executat încălzitoare pentru radiatoare în încăperi, pentru garaje, pentru recipiente de uleiuri și păcură fixe și mobile.

Din această enumerare sumară se poate deduce cîmpul vast de aplicație a rezistențelor tubulare.

4. Alegerea construcției

Fiind stabilit că rezistențele tubulare au aplicații deosebite de variate și interesante, se pune problema alegerii tipului constructiv celui mai indicat pentru fabricație. Este evident că tipurile comprimate și deci compacte în interior se comportă mai favorabil în exploatare și au un domeniu de aplicație mai mare, putînd funcționa și la temperaturi de 600—700°C. Eliminarea aerului prin presarea și subțierea tubului contribuie la mărirea considerabilă a siguranței în funcționare și a sarcinii superficiale, comprimarea și subțierea tubului necesită însă mașini și instalații speciale în fabricație.

Punîndu-se condiția construcției unor prototipuri de rezistențe tubulare în spirală destinate încălzirii unor lichide, cu alte cuvinte a unor rezistențe de tip plonjor de 500—1 000 W și racordabile la rețele de 120 și 220 V, s-a ales un tip constructiv și o tehnologie mult mai ușor de executat în fabricile noastre, urmînd ca ulterior să se decidă asupra tipului care va intra definitiv în fabricație.

Construcția aleasă este următoarea:

— sîrmă Cr—Ni de diametru potrivit înfășurată în spirală pe un miez de 2mm, introdusă într-
— un lanț de mărgele de steatit și apoi în
— tub de alamă nichelată, la început liniar, care se umple cu
— nisip de cuarț curățit și uscat.

În loc de nisip de cuarț se poate utiliza și praf de steatită, dacă ar fi supus unui tratament termic de calcinare la 1 300°C pentru a se putea scurge mai ușor în tub. Avantajul este că steatita are o conductivitate termică mai bună decît nisipul de cuarț (tabela 1).

Tehnologia fabricării unor astfel de rezistențe tubulare este relativ simplă dacă lipsește operația de comprimare și ciocănire. Dezavantajele acestei construcții față de execuția comprimată sînt:

— izolația grăunțoasă are o conductivitate termică mai redusă decît masa comprimată de steatită și magnezită, deci
— nu permite temperaturi ale tubului mai mari de 600°C fără a se arde, deci
— nu este aptă pentru încălzire prin radiație, și
— are o durată de viață mai redusă.

Aceste dezavantaje sînt mult atenuate de faptul că destinația rezistenței plonjor este de a încălzi lichide. Ori în acest caz, temperaturile superficiale sînt mult mai joase decît în aer sau în alte gaze [6]. Din contra încărcarea superficială, mai ales în cazul apei, crește foarte mult față de aer, transmiterea căldurii fiind

Parametri fizici ai unor materiale izolante refractare *Tabela 1*

Mărime/Unitate	Porţelan I.T.	Steatită	Al_2O_3	Şamotă	Şamotă de MgO	Steatită poroasă	Obs.
Greutate volumetrică, kgf/cm³	2,1—2,5	2,6—2,8	3,6—3,9	1,8—2,1	1,8—2,2	1,8—2,2	
Rezistenţă la tracţiune, kgf/cm²	250	300	1 000	50	100	100	minimum
Rezistenţă la compresiune, kgf/cm²	2 500	3 000	10 000	500	1 000	1 000	
Rezistenţă la încovoiere, kgf/cm²	400	600	2 000	100	200	300	
Coeficient de dilatare liniară, cm/cm °C × 10^{-6}, 20—600°C	4—7	7—9	4—7	3,5—6,5	1,7—2,5	1,6—2,2	
Căldura specifică, J/g °C, 20—600°C	0,85	0,85	1,2	1,0	1,0	0,85	
Conductibilitate termică, 10^{-6} W/cm °C, 600°C	1,85	2,56	7,0	0,8—1,75	1,3—1,75	1,4—1,65	
Rezistenţă specifică	10^6—10^7	10^8—10^9	10^{13}	10^8	10^9	10^{10}	300°C
la 50 Hz,	10^4	10^5—10^6	10^{10}	10^5	10^6	11^7	600°C
Ωcm	—	—	10^4	10^4	10^5	10^5	900°C

foarte eficace. În aceste condiţii temperatura spiralei se poate menţine relativ joasă, chiar dacă sarcina de curent este mare. Prin aceasta creşte durata de viaţă a spiralei. Singurul dezavantaj evident care rămîne, este faptul că, dacă sarcina superficială se măreşte la 4—6 W/cm², spre a obţine încălziri rapide şi randamente bune, atunci rezistenţa se arde la o funcţionare accidentală în aer.

5. Alegerea materialelor pentru prototip

5.1. *Materialul activ* este o sîrmă de Cr-Ni sau alt material de rezistenţă cu un diametru şi o lungime stabilită prin calcule de dimensionare. Toate aceste materiale trebuie să-şi modifice cît mai puţin rezistenţa la înalte temperaturi. În fig. 4 s-a reprezentat variaţia cu temperatura a rezistivităţii aliajelor uzuale de rezistenţă. Se vede că aliajul Ni-Cr 80/20 se comportă cel mai favorabil, însă el conţine în proporţie mare materiale deficitare. Din măsurători de laborator ale rezistivităţii şi din urmărirea variaţiei rezistenţei cu temperatura s-a constatat că materialul de sîrmă disponibil se încadrează în curba aliajului Ni-Cr-Fe 60/15 din fig. 4. Deci aceste valori s-au luat în considerare în calculele de dimensionare.

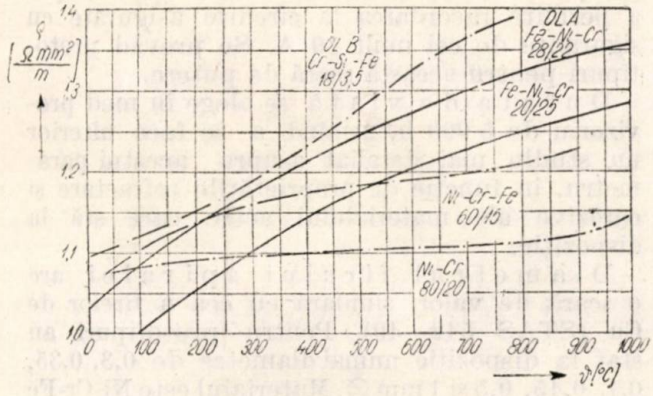


Fig. 4. Rezistivitatea spiralei.

Durata de viaţă D[h] a spiralelor se poate deduce din fig. 5 în funcţie de temperatura de regim a sîrmei. Aliajul Cr-Al-Fe 30/5 se comportă deosebit de favorabil la temperaturi înalte. Dacă temperatura de regim nu întrece 800°C, durata de viaţă întrece 5.10^3 ore la toate materialele.

5.2. *Izolaţia principală* a spiralei active este formată din perle cilindrice de steatită. Acest material are parametrii deosebit de favorabili fiind un bun izolant, refractar şi avînd cea mai mare conductivitate termică dintre toate materialele izolante uzuale (tabela 1). Faţă de steatită numai magnezita cristalină are avantajul de a majora conductivitatea cu 40% dacă temperatura creşte de la 50°C la 700° C.

5.3. *Materialul de umplutură* trebuie să fie un praf sau un nisip refractar, izolant bun conducător de căldură şi care se scurge uşor prin orificii mici. Toate condiţiile sînt îndeplinite de nisipul de cuarţ curat, mărunt şi bine

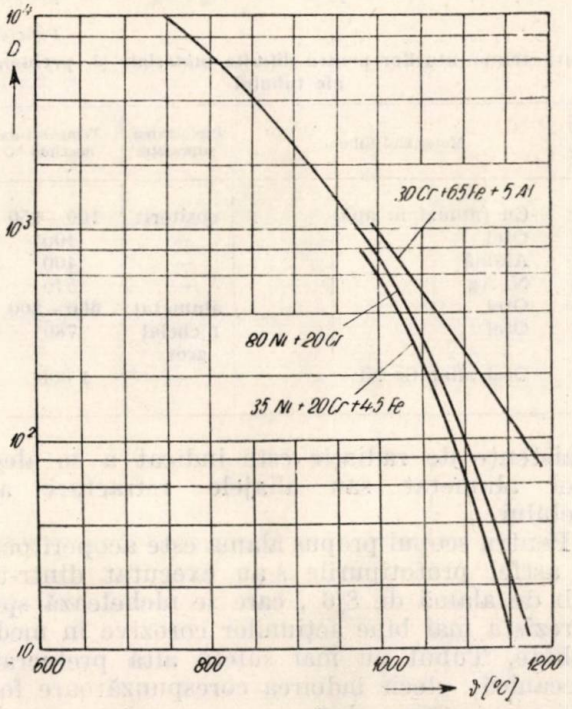


Fig. 5. Durata de viaţă a spiralei.

uscat. De fapt praful sau nisipul de steatită ar avea o conductivitate mai bună și ar fi de preferat, dar la mărimi egale de grăunțe nisipul de cuarț se scurge mult mai ușor prin orificii mici. Praful de steatită trebuie supus unui tratament termic de calcinare la 1 300°C spre a deveni mai puțin lipicios și a se scurge mai ușor. Pentru modele s-a ales praful de nisip de cuarț care îndeplinește condițiile impuse de prescripțiile nisipului pentru umplerea siguranțelor fuzibile.

5.4. *Materialul tubului* este metalic. În principiu orice metal greu este potrivit și în practică s-au încercat numeroase metale și aliaje grele. S-a constatat că metalul trebue ales în funcție de temperatură și de raza de curbură la care urmează a se îndoi tubul. Tratamentul termic joacă bine înțeles un rol important pentru maleabilitatea tubului chiar la același material. Se întrebuințează tuburi din cupru cositorit sau necositorit, din oțel maleabil, nichelat, alumetat, sau bronzat; la temperaturi mari se aleg oțeluri refractare. În tabela 2 se indică o serie de materiale împreună cu prelucrarea superficială și domeniul de temperatură.

Cuprul este foarte maleabil dar se moaie la temperaturi mai mari. Aliaje mobile și cuprul se evită și din cauza costului sau a faptului că sînt deficitare. Rămîne alama ca material care îndeplinește multe condiții și oțelul la temperaturi înalte. Oțelul nichelat gros se poate întrebuința numai pînă la 750°C, deci pentru

Tabela 2

Scara temperaturilor pentru diferite materiale și prelucrări ale tubului

Nr. crt.	Materialul tubului	Prelucrarea suprafeței	Temperatura maximă °C
1	Cu (numai în apă)	cositorit	100—150
2	Oțel	—	400
3	Alamă	—	400
4	Ni-Ag	—	540
5	Oțel	alumetat	600—800
6	Oțel	nichelat gros	780
7	Oțel aliat Cr Ni	—	1 000

rezistențe de radiație este indicat a se alege oțel alumetat sau aliajele refractare ale oțelului.

Pentru scopul propus alama este acoperitoare și astfel prototipurile s-au executat dintr-un tub de alamă de 8/6 , care se nichelează spre a rezista mai bine acțiunilor corozive în medii lichide. Tubul nu mai suferă altă prelucrare mecanică, decît îndoirea corespunzătoare formei constructive alese.

6. Calcule de dimensionare

6.1. *Teoria generală* a încălzirii conductoarelor [9] și aparatelor se aplică în mod corespunzător la calculul de dimensionare a aparatelor electrotermice [10]. Calculul se bazează pe legea energiei: căldura produsă de curentul electric în conductorul activ prin efect Joule-Lenz contribuie parțial la ridicarea temperaturii corpului de încălzit, după capacitatea sa termică, și parțial la comunicarea căldurii către mediu, prin conductibilitate, convecție și radiație [11]. Faza de încălzire la început și de răcire după întreruperea curentului interesează din punct de vedere practic, deci regimul tranzitoriu trebuie calculat [12] sau stabilit prin experiențe, cu atît mai mult cît el interesează și la funcționarea intermitentă [13].

Pentru funcționarea în regim permanent temperatura devine staționară și din bilanțul de energie interesează numai termenul de cedare a căldurii către mediul ambiant. În calcul trebuie să se țină seama de valorile parametrilor la temperatura de regim. Mișcarea forțată a mediului are o influență foarte mare asupra căldurii cedate prin convecție [14].

6.2. *Datele calculelor* sînt parte fixate în prealabil la comandă și parte rezultate din prescripțiile în vigoare [4]. Se dă în general:

Tensiunea nominală a rețelei la care urmează a se racorda aparatul, de obicei este egală cu tensiunea nominală a aparatului. Pentru prototipuri s-au considerat, din motive lesne de înțeles, două tensiuni nominale și anume 120 și 220 V.

Puterea nominală a rezistențelor tip plonjor se dă în scara 500, 750, 1 000 W, spre a permite racordarea la circuite asigurate cu siguranțe de cel mult 10 A. Se prevăd prototipuri pentru această scară de putere.

Durata de viață se alege în mod provizoriu de 5 000 h, urmînd a se face ulterior un studiu mai detaliat asupra acestui parametru, în funcție de proprietățile refractare și corozive ale materialului activ care stă la dispoziție.

Diametrul firului spiralei are o scară de valori similară cu cea a firelor de Cu (STAS 542—49). Pentru prototipuri au stat la dispoziție numai diametre de 0,3, 0,35, 0,4, 0,45, 0,5 și 1 mm ∅. Materialul este Ni-Cr-Fe 60/15.

Diametrul exterior al spiralei trebuie să fie mai mic de 3 mm pentru a încape în interiorul formei de steatită cu acest diametru interior. În consecință sîrma activă se înfășoară pe un miez de 2 mm ∅.

Dimensiunile tuburilor sînt de 8/6 mm ∅, materialul fiind respectiv Am 63, Cu-A și OL 32. Lungimea tubului necesară unei rezistențe tip plonjor este de 1 m din care numai partea centrală de 500—550 mm este activă, adică spirala încălzitoare se întinde numai pe această porțiune centrală.

6.3. *Lungimea firului activ* se poate aprecia din considerente pur geometrice ținînd seama de lungimea eficace a tubului $L = 550$ mm și de diametrul interior al tubului de 6 mm ∅.

Spirala fiind înfășurată pe un miez de ⌀2 mm, iar diametrul sîrmei fiind cuprins între 0,3 și 0,5 mm, se poate considera că axul spiralei se înfășoară în medie pe un diametru de $2\,a = 2{,}5$ mm. Atunci lungimea sîrmei pe o circonferință este de $l_c = 2\,\pi\,a = 7{,}85$ mm. Pasul spiralei h se alege din considerente de a evita o opturare a radiației firului, de cel puțin de 3 ori mai mare decît diametrul său [15], deci 1—1,5 mm. Cu un pas de $h = 1{,}5$ mm lungimea unei spire este de

$$l_s = \sqrt{4\,\pi^2\,a^2 + h^2} = 7{,}93 \text{ mm.}$$

Cu pasul ales numărul spirelor $n = L/h$ este cuprins între 330 și 500 și lungimea totală a firului activ $l = l_s \cdot n$ rezultă 2 700—4 000 mm, deci $l = 2{,}7 - 4$ m.

6.4. *Diametrul firului activ* rezultă din puterea nominală P și datele materialului activ la temperatura de regim. Aceasta se consideră egală cu 250°C. Rezistența electrică este în același timp

$$R = \frac{U^2}{P} = \rho\,\frac{l}{s} \qquad (1)$$

deci secțiunea este

$$s = \frac{\rho\,l\,P}{U^2} = \frac{\pi d^2}{4} \quad [\text{mm}^2] \qquad (2)$$

ρ fiind rezistivitatea la temperatura de regim, în Ω mm²/m, considerată în calcule $\rho = 1{,}20$.

Luînd ca bază o lungime a firului activ egală cu $l = 4$ m, din formulele (1) și (2) rezultă datele electrice și diametrele cuprinse în tabela 3 pentru puterile și tensiunile nominale propuse.

Tabela 3

Date electrice și diametrul firului activ

Parametru/Unitate	Valoare		
	500 W	750 W	1000 W
Tensiunea 120 V.			
R Ω	28,8	19,2	14,4
d mm	0,45	0,575	0,67
I A	4,16	6,25	8,33
Tensiunea 220 V			
R Ω	96,5	64,5	48,3
d mm	0,256	0,313	0,364
I A	2,27	3,4	4,54

Datele din această tabelă, pot servi ca bază pentru proiectarea prototipurilor. Calculul trebuie refăcut la montare dacă există abateri de la datele geometrice inițiale.

6.5. *Controlul sarcinii firului* se poate face cu ajutorul următorului raționament [16]. Sarcina admisibilă a firului nu se alege considerînd o densitate de curent constantă după relația:

$$I = B_1\,d^2 = B_1\,\sqrt[6]{d^{12}} \quad [\text{A}]$$

și nici o disipație constantă după relația:

$$I = B_2\,\sqrt{d^2} = B_2\,\sqrt[9]{d^9} \quad [\text{A}],$$

ci după o formulă mijlocie, optimă și anume:

$$I = B\sqrt[6]{d^{10}} = B\sqrt[3]{d^5} = Bd\,\sqrt[3]{d^2} \quad [\text{A}]. \qquad (3)$$

În regim permanent în aer se ia $B = 3{,}5$. Răcirea firului în nisip fiind în medie de 3—4 ori mai eficace decît în aer, după cum se poate vedea din fig. 6 dedusă de autor, coeficientul

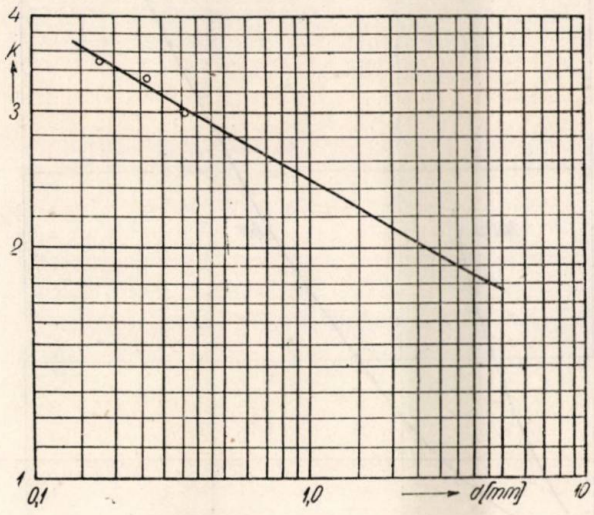


Fig. 6. Coeficientul de cedare a căldurii în nisip față de aer.

B se poate lua de 3—4 ori mai mare adică $B = 10$—14. Făcînd calculele cu valoarea $B = 15{,}6$ recomandată [14] pentru rezistențe de demarare în nisip sau ulei din material W M 50 ($\rho = 0{,}50$) rezultă o corespondență arătată în tabela 4 între curentul admisibil și diametrul firului activ în nisip (fig. 7).

Tabela 4

Curentul admisibil al firelor active în nisip

I_a A	2,25	2,70	3,65	4,16	4,55	5,0	6,60	8,35
d mm	0,312	0,34	0,42	0,454	0,485	0,505	0,60	6,9

O comparație a acestor valori cu cele calculate în tabela 3 pentru materialul de cl. WM 100 ($\rho = 1{,}0$) arată o corespondență bună. Cum materialul cu $\rho = 0{,}50$ nu se poate solicita în demarare decît pînă la 250°C, iar cel cu $\rho = 1{,}0$ în rezistențe de încălzire permite temperaturi pînă la 700°C, este evident că sarcinile de curent din tabela 3 sînt perfect admisibile și se pot încă mări. Comparația arată totuși că secțiunile mai mici sînt solicitate mai mult decît cele mai mari și atunci este indicat a se renunța la lungimea constantă de $l = 4$ m a firului activ și a admite mai ales la tensiunea de 220 V o majorare a lungimii firului de la

4 m la 5 m și chiar mai mult spre a putea lua un diametru mai mare pentru firul activ.

6.6. *Alegerea diametrelor firului activ pentru prototipuri* se poate face pe baza considerentelor

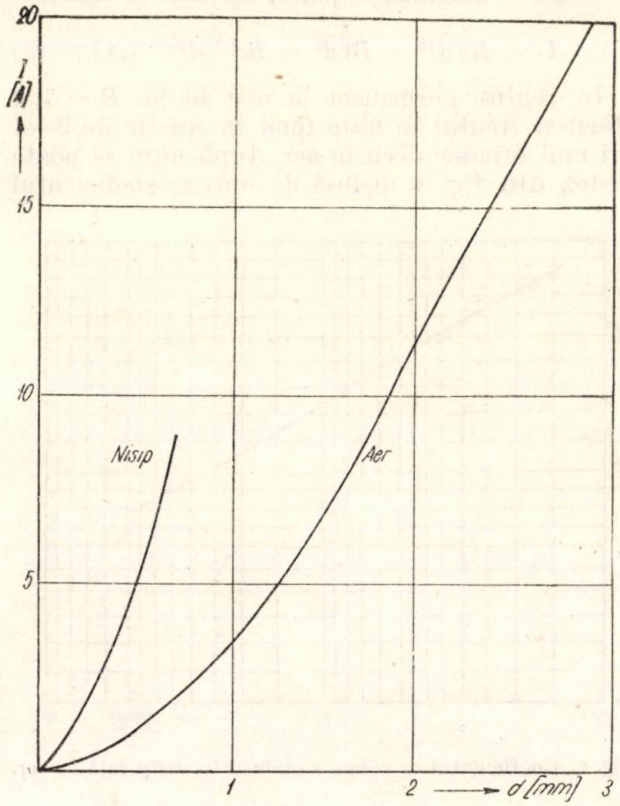


Fig. 7. Curentul admisibil în fire de rezistență ($\rho = 0{,}50$) în aer și în nisip.

de mai sus. Se alege fiind disponibile următoarele diametre și lungimi ale firului activ

Prototip nr. 1.	120 V	500 W	$d = 0{,}45$	$l = 3{,}9$ m
Prototip nr. 2.	120 V	750 W	$d = 0{,}50$	$l = 3{,}0$ m
Prototip nr. 3.	120 V	750 W	$d = 0{,}55$	$l = 3{,}7$ m
Prototip nr. 4.	220 V	1000 W	$d = 0{,}4$	$l = 5{,}3$ m

Considerînd că firele funcționează la 700°C și din fig. 4 rezultînd pentru materialul activ disponibil $\rho = 1{,}20$ calculul fiecărui prototip în parte confirmă că puterea nominală se poate dezvolta la tensiunea nominală.

De exemplu pentru prototipul nr. 1 se calculează $s = 0{,}16$ mm² și

$$\rho \frac{l}{s} = R = 29\ \Omega;\ U^2/R = P = 500\ \text{W}.$$

Pentru prototipul nr. 4 $s = 0{,}126$ mm² și

$$R = 48{,}45\ \Omega,\ P = 1\,000\ \text{W}.$$

După cum se vede lungimea și secțiunea firului activ se pot stabili în esență din tensiunea și puterea nominală.

6.7. *Calculul încălzirii tranzitorii* se face analitic [17] scriind bilanțul puterilor generate de curent, înmagazinate și disipate pentru un interval de timp dt și integrînd în timp de la o stare inițial fără diferențe de temperatură [18].

Pentru simplificare ecuația diferențială se referă la tub presupunînd că puterea este generată în sîrma rezistentă iar puterea cedată depinde de fenomenele ce au loc la suprafața tubului. De asemenea tubul se consideră ca un tot din punctul de vedere al capacității termice. În acord cu ecuația diferențială asupra temperaturii de peste mediul ambiant se scrie

$$c\,G\frac{d\vartheta}{dt} + \alpha\,S\,\vartheta = I^2R\ \ [\text{W}] \qquad (4)$$

sau introducînd noțiunea de constantă de timp T, intensitatea de încălzire A și temperatura staționară θ, rămîne:

$$T = \frac{c\,G}{\alpha\,S},\quad A = \frac{I^2R}{c\,G},\quad \theta = A\,T$$

$$\frac{d\vartheta}{dt} + \frac{\vartheta}{T} = A \qquad (5)$$

Curba de încălzire se obține cu ajutorul condiției inițiale $\theta_0 = 0$ la $t = 0$:

$$\vartheta = \theta\left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right). \qquad (6)$$

Curba de răcire de la o temperatură ϑ_1 este

$$\vartheta = \vartheta_1 e^{-\frac{t}{T}} \qquad (7)$$

După cercetările autorului [9] aceste formule simple se modifică în cazul cînd la temperaturi mai înalte se ia în considerare variația cu temperatura a parametrilor de material în felul următor: ecuația diferențială devine

$$\frac{d\vartheta}{dt} + \frac{1 + \beta\vartheta}{T} = A_0(1 + \varepsilon\vartheta), \qquad (8)$$

iar curba de încălzire în aceeași condiție inițială:

$$\vartheta = \frac{A_0}{\sqrt{\Delta}\ \text{cth}\,(\sqrt{\Delta}\,t) - B}, \qquad (9)$$

unde s-a notat

$$B = \frac{1}{2}\left(\varepsilon A_0 - \frac{1}{T}\right),$$

$$\Delta = \frac{1}{4}\left(\varepsilon A_0 - \frac{1}{T}\right)^2 + A_0\frac{\beta}{T},$$

$$A = A_0(1 + \varepsilon\vartheta),$$

are caracterul tangentei hiperbolice.

Parametrii B și ε se pot stabili teoretic sau experimental.

Curba de răcire se obține dacă în ecuația (8) se anulează termenul al doilea și integrarea se face de la temperatura inițială. Rezultă:

$$\vartheta = k\,\frac{e^{-\frac{t}{T}}}{1 - k e^{-\frac{t}{T}}} \qquad (10)$$

unde

$$k = \frac{\vartheta_0}{1+\beta\vartheta_0}.$$

Curba scăderii de temperatură (10) este apropiată de exponențiala simplă (7).

Calculele de mai sus nu s-au aplicat la proiectarea prototipurilor, ci au servit la stabilirea caracteristicilor dinamice în speță a constantei de timp pentru prototipurile executate și încercate la laborator, în proba de încălzire și răcire.

6.8. *Calculul încălzirii staționare.* Se face plecînd de la ecuația diferențială (4) în care se anulează termenul variabil cu timpul [18]. Rămîne

$$I^2R = \frac{U^2}{R} = \alpha S\,\theta\ [\mathrm{W}]. \qquad (11)$$

Cedarea de căldură este caracterizată de mărimea:

$$\frac{I^2R}{S} = \alpha\,\theta = q\ \left[\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{cm}^2}\right]. \qquad (12)$$

Primul termen este raportul dintre puterea electrică și suprafața activă a tubului, cu alte cuvinte sarcina superficială specifică, al doilea reprezintă produsul coeficientului de cedare și a temperaturii staționare. Relația între q și θ este cunoscută [18] atît pentru mediul aer cît și pentru apă, după rezultate experimentale.

Curba pentru apă se poate înlocui cu suficientă exactitate printr-o dreaptă, rezultînd expresia

$$q = \left(\frac{\theta}{20}\right)^{3/2} = \frac{I^2R}{S} = \frac{U^2}{RS} \qquad (13)$$

care poate servi la proiectarea tuburilor. Într-adevăr la $\theta = 100°C$ adică în apă fierbinte $q = 5^{3/2} = 5^{1,5} = 11{,}2$ W/cm² deci sarcina superficială pentru plonjoare se poate mări pînă la această valoare limită, dacă spirala interioară suportă temperaturile care rezultă [19].

La tensiunea de $U = 120$ V rezultă $RS = 1290$ iar la tensiunea de $U = 220$ V rezultă $RS = 4350$.

Diferența de temperatură între spirală și tub este dată după Popov [20] de relația

$$\vartheta = \frac{12\cdot 10^{-4}\,P}{\pi\lambda L}\left(\ln\frac{D}{d_s-d} - \frac{L}{K\,d^2}\ln\frac{w}{\pi}\right)[°C] \qquad (14)$$

unde: λ reprezintă conductibilitatea de căldură a materialului ceramic de umplere în W/cm°C;

D — diametrul tubului în cm;

d_s — diametrul exterior al spiralei în cm;

d — diametrul conductorului

$$K = \frac{\pi U^2}{4\,\rho\,P} \qquad (15)$$

$$w = \frac{L}{nd} = \pi\frac{L}{l}\frac{d_s-d}{d} \qquad (16)$$

Diametrul optim al firului este după Popov:

$$d = \sqrt{\frac{\pi\,\delta\,d_s L}{K\,w}} \qquad (17)$$

unde $\delta = \frac{d_s-d}{d_s} = 0{,}85$.

Din aceste relații se poate stabili suprafața de răcire limită (minimă) dacă se cunoaște rezistența spiralei sau invers rezistența care corespunde unei anumite suprafețe de răcire date. În cazul prototipurilor, sarcina superficială s-a ales pentru primele exemplare mai mică și anume aproximativ 3, pentru următoarele crescîndă, pînă la 7 W/cm², cu scopul de a avea date experimentale privind temperatura spiralei în funcție de sarcina superficială [19].

6.9. *Proiectarea prototipurilor* s-a făcut pe baza documentației citată în lista bibliografică, utilizînd calculele de mai sus, în măsura indicată. Construcția acestui model corespunde tipurilor necomprimate, materialul de umplere fiind nisipul de cuarț. Sarcina superficială a modelului este de 5,8 W/cm².

În posesia acestor date și calcule s-a proiectat rezistența tubulară tip plonjor cu toate datele constructive.

7. Construcția prototipurilor

7.1. *Aprovizionarea* materialelor a fost programată din timp. S-au întîmpinat oarecare dificultăți din cauza că firul de rezistență nu era disponibil decît într-o scară redusă de diametre. S-a dispus de țevi de alamă și oțel de 10/8 și 8/6 mm∅, o cantitate suficientă de țevi de alamă de 8/6 mm∅ a fost nichelată. S-a confecționat o cantitate suficientă de perle de steatită. S-a obținut nisip de cuarț prevăzut pentru siguranțe, cît și nisip de steatită calcinat la 1 300°C.

7.2. *Un dispozitiv de îndoire* a țevilor prefabricate și nichelate care dă posibilitatea realizării spiralelor pe un miez de 40 mm∅ a fost proiectat și confecționat.

7.3. *Numărul și datele prototipurilor.* S-au construit în total 5 prototipuri notate 1—5. Prototipurile 1—4 corespund datelor precalculate la punctul 6.6. Prototipul 5 s-a calculat la puterea și tensiunea de 350 W și 120 V cu scopul de a putea încerca tubul liniar la cedarea de căldură în aer, sarcina superficială a acestui tub fiind de numai 2 W/cm².

Datele constructive ale prototipurilor rezultă din indicațiile de la pct. 6.6. Prototipurile 1 și 5 au 4 spire celelalte au numai 3 spire, deci o sarcină superficială mai mare.

În principiu construcția s-a făcut în următoarele etape: s-a întins sîrma spiralizată la o lungime de 500—550 mm, s-au sudat capetele de racord prin sudură electrică, s-a introdus spirala într-un șir de perle de steatită și apoi tubul liniar din alamă nichelată. Apoi s-a

turnat nisip de cuarț pînă la refuz și s-a ciocănit tubul. Firele de racord au fost introduse în interiorul unor bastonașe din material ceramic. S-a constatat că este necesar a se introduce nisipul în stare perfect uscată și a se obtura capetele cu praf de șamotă spre a nu permite accesul umezelii. După aceasta, tuburile au fost îndoite la strung cu ajutorul dispozitivului proiectat la forma prevăzută în proiect.

Mînerele au fost confecționate pentru prototipuri din pertinax. În fabricație se prevăd, conform proiectului, mînere presate din bachelit.

8. Verificări experimentale.

8.1. *Stabilirea constantei de timp* s-a făcut prin măsurători de încălzire și de răcire pe un model de 1 000 W și 220 V. Valorile măsu-

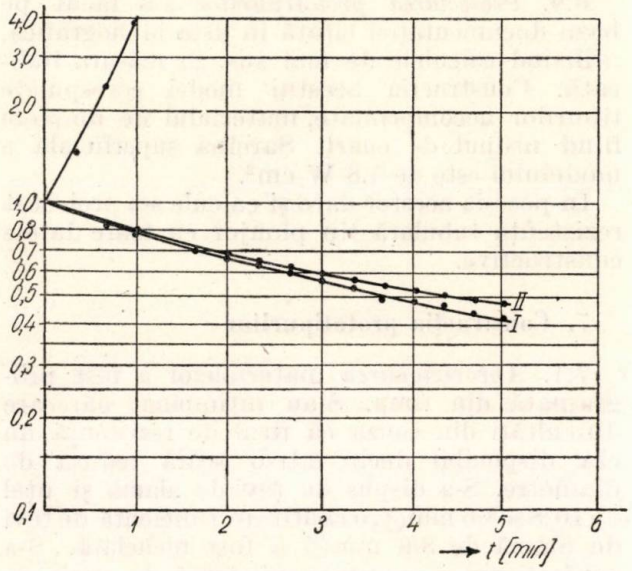


Fig. 8. Curba de răcire și încălzire a rezistenței plonjor

rate și calculate apoi au fost trecute în diagrama logaritmică fig. 8 . Se constată că nici încălzirea și nici răcirea nu se face exact după o curbă exponențială, deci pentru calculul constantei de timp trebuie să se ia în considerare formulele teoretice cu parametri variabili la temperatură. Dintr-o construcție grafică simplă s-a obținut o valoare medie a contantei de timp la răcire egală cu $T = 5'30'' = 330$ s.

8.2. *Disipația de căldură în aer* s-a verificat pe prototipul nr. 5 liniar ,' s-a măsurat tensiunea la borne, curentul și temperatura superficială (cu un termocuplu de Cu Constantan).

S-au făcut confruntări ale acestor rezultate cu datele teoretice. S-a constatat că : prima măsurătoare corespunde, la un coeficient de radiație de 0,8, unui bilanț de cantități de căldură cedate prin convecție și radiație : $q_c + q_r = 0{,}14 + 0{,}075 = 0{,}215$ W/cm² ceea ce înseamnă o temperatură de 100°C.

Măsurătoarea a doua corespunde la un bilanț de $q_c + q_r = 0{,}32 + 0{,}20 = 0{,}52$ W/cm² la 180°C, și a treia cu un bilanț de $q_c + q_r = 0{,}5 + 0{,}45 = 0{,}95$ W/cm², la temperatura de 270°C.

Prin extrapolare se poate stabili că la 410°C corespunde un bilanț termic de $q_c + q_r = 0{,}8 + 1{,}2 = 2{,}0$ W/cm².

Aceste rezultate de confruntare sînt foarte favorabile deoarece ele arată că din calculele teoretice se poate deduce comportarea reală a rezistențelor.

8.3. *Constanta de timp a rezistenței plonjor nr. 5* s-a stabilit printr-o măsurătoare de răcire în aer. Valoarea constantei de timp este foarte aproape de cea măsurată anterior.

8.4. *Rezistivitatea sîrmei de* Cr—Ni s-a mai controlat prin măsurători la puntea simplă și dublă într-o serie de experiențe. A rezultat că la rece rezistența are o rezistivitate de 1,1 iar la cald de 1,20—1,25 unități practice.

8.5. *Măsurători de putere* s-au efectuat prin încălzirea unei cantități de 2 kg apă. S-a constatat o ușoară scădere a puterii nominale care se datorește faptului că în calculele de dimensionare rezistivitatea a fost trecută cu valoarea de 1,15 și 1,20 pe cînd la prototipurile cu o sarcină superficială mai mare (3 spire) trebuie să se calculeze cu valoarea 1,25 a rezistivității.

8.6. *Rezistența de izolație* s-a măsurat la toate prototipurile cu un megher de 1 000 V, rezultînd valori cuprinse între 100—500 M Ω. În cazul cînd rezistențele nu au fost bine etanșate s-a constatat că umezeala pătrunde în interior și izolația scade la valori sub un MΩ. Din cauza aceasta este necesar a se da o deosebită atenție la uscarea nisipului și a materialului introdus în tub.

8.7. *Incercarea la străpungeri* s-a făcut la toate prototipurile cu o tensiune alternativă —50 Hz de 1500 V timp de 1 min. Toate prototipurile au rezistat la această probă, chiar dacă rezistența lor de izolație era mai scăzută (în VDE se prevede 1 000 V).

9. Concluzii

9.1. Rezistențele tubulare au contribuit prin apariția lor la o îmbunătățire considerabilă a performanțelor aparatelor de încălzire casnice și industriale. S-au construit rezistențe tubulare compacte care permit temperaturi superficiale de 7—800°C, căldura disipată degajîndu-se în majoritate prin radiație și nu prin convecție sau conductibilitate ca la rezistențele anterioare.

9.2. Pentru încălzirea lichidelor, temperaturile superficiale se limitează la 250°C și se pot utiliza construcții de rezistențe tubulare care nu suportă o încălzire permanentă în aer la curent nominal.

9.3. Teoria cedării de căldură și calculul parametrilor de material permite predeterminarea datelor de construcție a rezistențelor tubulare cu o exactitate suficientă pentru practică și fără un efort de calcul prea mare.

9.4. S-a proiectat şi s-a executat o serie de prototipuri de rezistenţe tip plonjor avînd puterile de 500—750 şi 1 000 W, racordabile la tensiunea de 120 şi 220 V. Prototipurile sînt de tipul fără o prelucrare ulterioară a ţevilor (necomprimate). Ele sînt prevăzute pentru încălzirea unor lichide apoase.

9.5. Încercări de laborator executate în conformitate cu prescripţiile prevăzute pentru astfel de aparate au arătat că prototipurile îndeplinesc condiţiile impuse, pe de altă parte că există o concordanţă foarte bună între valorile măsurate şi valorile calculate pe baza teoriei. Astfel proiectarea unor astfel de rezistenţe este pusă pe baze sigure.

9.6. Construcţia aleasă fiind extrem de simplă asimilarea de către fabricile noastre de aparate electrice se poate face fără nicio dificultate. Datele teoretice şi experimentale din prezentul articol pot servi ca o îndrumare pentru introducerea în fabricaţie a unor astfel de aparate.

Bibliografie

[1] *Avramescu, A.*: Rolul şi importanţa electrocăldurii. Bul. IRE 11 (1943) 1—2, 147—160.

[2] *Petersen, H.*: Aus der Entwicklung und Erforschung hitzebeständiger Heizleiterwerkstoffe für die Elektrowärme. VDE—Fachber. 9 (1937), 116—120.

[3] VDE 0720/34: Vorschriften für Electrowärmegeräte für Spannungen bis 250 V gegen Erde.

[4] STAS 2 000—51: Instalaţii electrice. Aparataj mărunt pînă la 500 V şi pînă la 25 A. Condiţii generale.

[5] *Hessenbruch, W.*: Entwicklung der Heizleiterlegierungen in den letzten Jahren. VDE—Fachber. 11 (1939), 96—101.

[6] *Mörtzsch, F.*: Berechnung und Planung elektrischer Flüssigkeitserhitzer für Industrie und Gewerbe. Elektrotechn. Z (ETZ) 59 (1938) 38, 1005—9; 39, 1033 — 35.

[7] *Germann, K.*: Der Rohrheizkörper als Bauelement gewerblicher und industrieller Heizeinrichtungen. VDE—Fachber. 10 (1938), 80—83.

[8] *Ligier, A. G.*: Les précontraintes superficielles par action mécanique. Application aux ressorts de suspension du procédé de grenaillage de précontraintes ou shot peening. Technique moderne 44 (1952) 6, 151—165.

[9] *Avramescu, A.*: Beiträge zur Erwärmungsberechnung elektrischer Leiter. Habil.—Diss. T. H. Dresden 1943, Bull. IRE 11 (1943) 3/4, 301—412.

[10] *Builov, A. I.*: Osnovii electroapparatostroenia. Gosenergoizdat, Moscova—Leningrad 1947. (Trad. Principiile constructive ale aparatelor electrice. Ed. Energ. Stat. Buc. 1952)

[11] *Babicov, M. A.*: Electriceschie aparati I. Gosenergoizdat, Moscova—Leningrad, 1951. (Trad. Aparate electrice I. Bazele teoriei. Ed. energ. Stat, Buc, 1953).

[12] *Avramescu, A.*: Beiträge zur Berechnung der Kurzschlusserwärmung. Diss. T.H. Dresden, 1937. Bul. IRE 5 (1937) 343—526.

[13] *Koch, W.*: Zur Berechnung vor Leitungen und Widerstanden bei aussetzendem Betrieb. Elektrotechn. Z. (ETZ) 64 (1943) 23/24, 316—318.

[14] *Sviecianski, A. D.* şi *Malişev,*: *S. A.* Rasciot nagrevatelnîh elementov electriceskih caloriferov. Electricestvo 1952, 11, 53—55.

[15] *Grigorovici, R.* şi *Roth, A.*: Stabilirea formulelor de proiectare a lămpilor cu incandescenţă cu vid. Electricitatea 1 (1952) 11—12, 28—34.

[16] *Rziha-Seidener*: Starkstromtechnik I. Ernst & S., Berlin, 1933.

[17] *Schönbacher, K.*: Berechnung induktiver Heizleiter. Elektrotechn. Z (ETZ) A.74 (1953) 291—293.

[18] *Avramescu, A.* şi *Mastero, S.*: Incălzirea la scurtcircuite a conductorilor de aluminiu. Studii şi Cercetări de Energetică 3(1953) 127—184.

[19] *Popov, I.*: Contribution à l'étude des corps de chauffage électriques tubulaires. Publ. minières et métalurgiques. Paris, 1947.

[20] *Popov, I.*: Beitrag zur Berechnung elektrisches Rohrheizkörper. Dtsch. Elektrotechn., 10 (1956) 9,343—344.

Observaţii privind calculul şi comanda unui generator de impuls

Ing. GH. HORTOPAN

Laureat al Premiului de Stat

Incercarea utilajului electric de înaltă tensiune cu unde de şoc este considerată astăzi ca indispensabilă. Relaţiile teoretice care redau felul funcţionării generatoarelor de impuls permit deducerea parametrilor principali şi dau o indicaţie preţioasă pentru proiectare, construcţie şi exploatarea acestor instalaţii. In lucrare se dau aceste relaţii teoretice fundamentale, rezultatele aplicîndu-se pe cazul instalaţiei existente la ICPET, asupra căreia se dau unele detalii.

C.Z.621.319.53

Încercările cu unde de impuls de tensiune au fost introduse pe scară largă pentru verificarea utilajului destinat exploatărilor energetice. Se încearcă astfel: transformatori, maşini electrice, aparate, cabluri şi linii electrice. Rezistenţa utilajului menţionat la încercări constituie o garanţie de bună funcţionare în exploatare. În prezent, se studiază şi modul de comportare al transformatorilor la unda tăiată de impuls [1].

La noi în ţară utilajul destinat exploatărilor energetice este fabricat în mare măsură de fabricile proprii. Verificarea acestui utilaj în ce priveşte comportarea lui la unda de impuls este o chestiune acută, în vederea asigurării bunei comportări în exploatare. Pe de altă parte, „coordonarea izolaţiei" necesită verificări privind nivelele de izolaţie, verificări care se referă la comportarea utilajului la unde de impuls.

Modul de comportare al izolaţiilor din maşinile electrice şi transformatori se controlează şi cu ajutorul generatorilor de unde de impuls repetate la tensiuni reduse [2].

Pentru a executa corect încercările menţionate, este necesar a se cunoaşte modul de calcul precum şi modul de folosire al instalaţiilor de impuls. În cele ce urmează se caută a se clarifica problemele de calcul şi funcţionare privind instalaţiile de impuls de tensiune pe baza literaturii existente şi a experienţei autorului, care a avut ocazia de a proiecta şi construi asemenea instalaţii.

Autorul stabilește relația fundamentală pentru unda de impuls de tensiune sub formă parametrică (parametrul $\frac{t}{\theta}$) utilizînd ca metodă de rezolvare transformata Laplace și determină prin calcul, după o metodă proprie, capacitatea de impuls pentru transformatori.

1. **Forma undei de tensiune.** Compararea modului de comportare a utilajelor este posi-

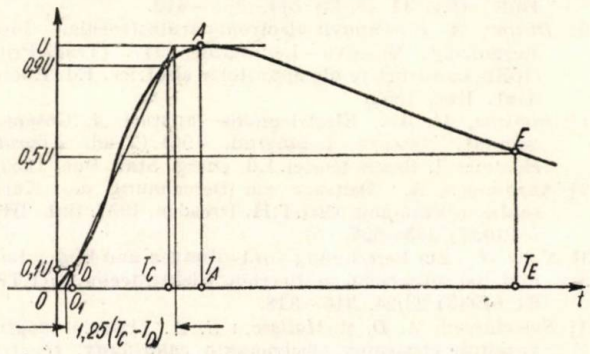


Fig. 1. Referitor la unda de impuls de tensiune normalizată.

bilă dacă forma undei de impuls este aceeași. Atît CEI cît și standardele naționale precizează forma undei. Astfel în U.R.S.S. [3] și S.U.A. [4] unda standardizată este de 1,5/40 μs. Recomandările CEI[1]) sînt pentru o undă de 1/50 μs [5].

În fig. 1 se indică parametrii principali ai undei de impuls de tensiune conform recomandărilor CEI, după cum urmează:

Valoarea maximă U.

Fruntea undei, porțiunea ascendentă din curbă de la origină pînă la valoarea maximă U (STAS 3999—53).

Durata convențională a frunții undei este 1,25 din timpul cuprins între valorile 0,9 U și 0,1 U, pe partea ascendentă a curbei.

Durata undei pînă la 0,5 U (durata de semiamplitudine) este timpul cuprins între originea convențională (punctul O_1) și momentul cînd pe partea descendentă unda ajunge valoarea 0,5 U. Eroarea este neglijabilă dacă marcăm timpul începînd din punctul O, în loc de a-l marca din punctul O_1.

Unda de impuls de tensiune este definită prin indicarea duratelor pentru frunte și duratei pînă la 0,5 U. La aceasta undă abaterile admise sînt de ± 50 % pentru durata convențională a frunții și de ± 10 % pentru durata undei pînă la 0,5 U pe partea descendentă. Componenta de înaltă frecvență nu trebuie să depășească 0,05 U.

2. **Scheme principiale pentru generatorii de impuls.** Unda de impuls este produsă de generatorii de impuls. În decursul celor circa 30 de ani de cînd tehnica încercărilor cu unde de impuls se perfecționează continuu, două tipuri de generatori de impuls au obținut o dezvoltare largă, și anume:

Generatorul Marx are schema echivalentă indicată în fig. 2, sub forma cea mai complexă. Condensatorul C_1 încărcat la tensiunea V_c se descarcă prin eclatorul de amorsare E_a. Primul efect esențial este încărcarea condensatorului C_2. Urmează apoi al doilea efect esențial, descărcarea ambilor condensatori C_1 și C_2. Durata frunții undei este determinată de valorile pentru rezistențele R_1 și R_3. Durata pînă la 0,5 U este determinată de rezistențele R_2 și R_0. Rezistența R_0 reprezintă rezistența divizorului de tensiune. Rezistența R_3 poate lipsi, dar prezența sa are drept rezultat micșorarea oscilațiilor de frecvență înaltă, mai ales în cazul

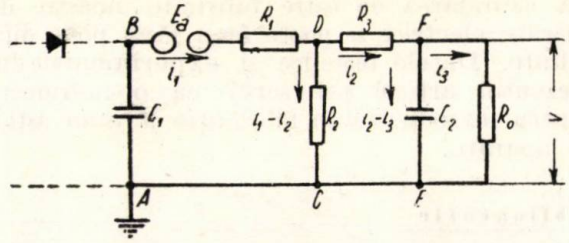


Fig. 2. Schema de principiu a generatorului Marx.

conexiunilor lungi. Tensiunea de impuls V se obține la bornele EF.

Generatorul Marguerre are schema echivalentă indicată în fig. 3. Condensatorii C_1 și C_2 se încarcă la tensiunea continuă C_c. Descărcarea are loc simultan, dar independent pentru fiecare din circuitele formate de C_1R_1 și C_2R_2, prin intermediul eclatorilor de amorsare E_a. Tensiunea de impuls se obține la bornele CD, ca o însumare a căderilor de tensiune pe rezistențele R_1 și R_2.

Adoptarea unuia din cele două tipuri de generatori este o chestiune de mijloace tehnice de realizare și de mărime a tensiunii. În adevăr,

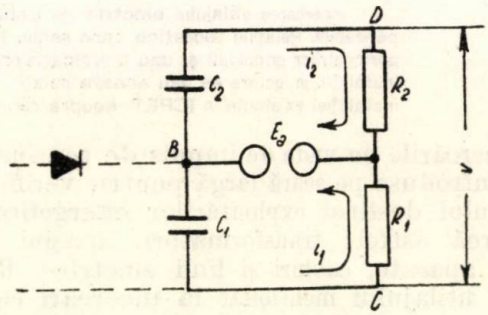


Fig. 3. Schema de principiu a generatorului Marguerre.

generatorul Marx este simplu din punct de vedere constructiv necesitînd un singur tip de condensator, are o amorsare sigură, dar forma undei este influențată de impedanța obiectului de încercat. Generatorul Marguerre necesită două tipuri de condensatori de sarcină, nu este influențat de capacitatea obiectului, are un

[1]) CEI-Comisia Electrotehnică Internațională

randament mai bun decît generatorul Marx, dar amorsarea lui este dificilă la tensiuni mari.

3. **Metode de calcul.** În vederea obținerii unei concordanțe cît mai mari între calculație și rezultatele experimentale se recomandă a se face cît mai puține omisiuni privind elemente din schema generatorului. Se neglijează numai inductanța proprie a conductorilor de legătură. Lucrările lui Angelini [6] [7] conțin din punct

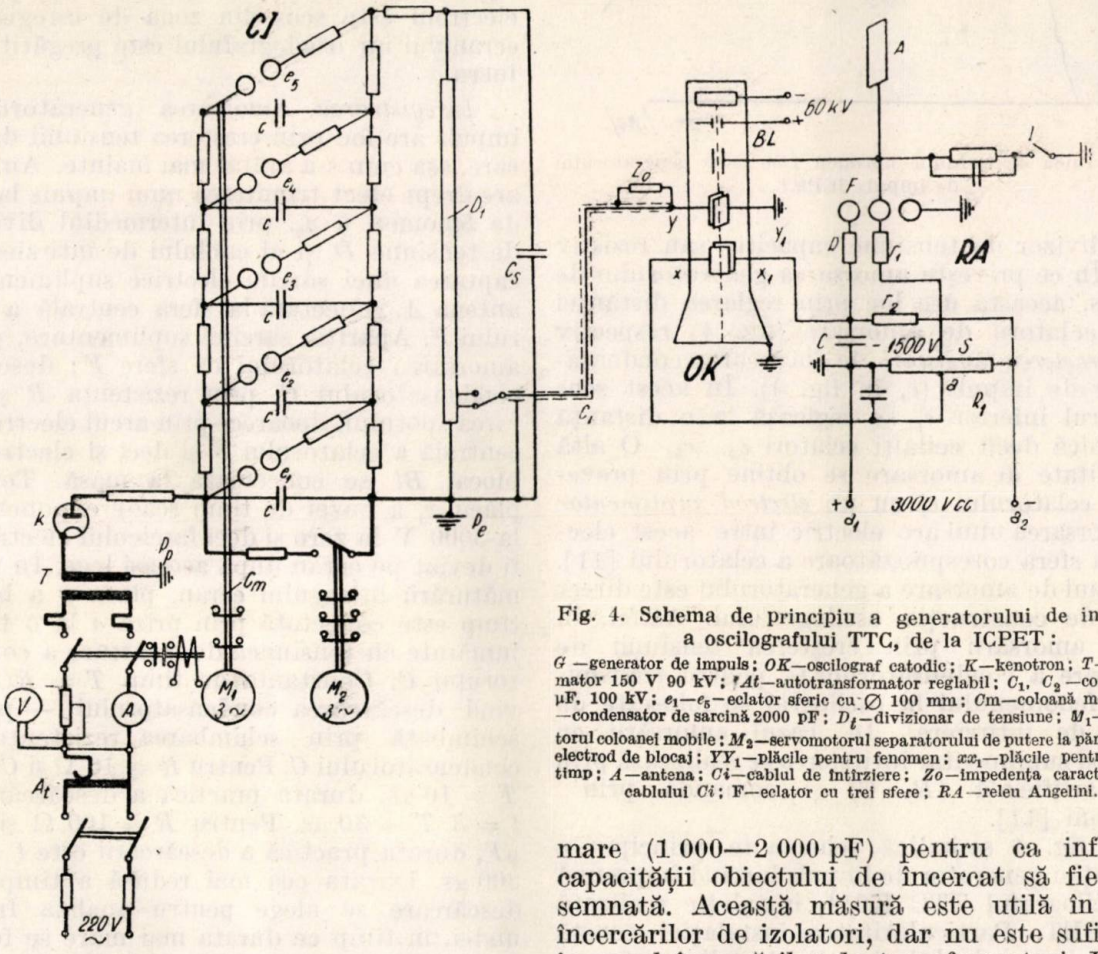


Fig. 4. Schema de principiu a generatorului de impuls și a osilografului TTC, de la ICPET:

G —generator de impuls; *OK*—osilograf catodic; *K*—kenotron; *T*—transformator 150 V 90 kV; *At*—autotransformator reglabil; C_1, C_2 —condens. 0,1 μF, 100 kV; e_1—e_5—eclator sferic cu ∅ 100 mm; *Cm*—coloană mobilă; *Cs* —condensator de sarcină 2000 pF; D_t—divizionar de tensiune; M_1—servomotorul coloanei mobile; M_2—servomotorul separatorului de putere la pămînt; *Bl*—electrod de blocaj; YY_1—plăcile pentru fenomen; xx_1—plăcile pentru baza de timp; *A*—antena; *Ci*—cablul de întîrziere; *Zo*—impedența caracteristică a cablului *Ci*; F—eclator cu trei sfere; *RA*—releu Angelini.

de vedere practic toate elementele necesare calculului generatorilor de impuls utilizate în laboratoarele de încercări și cercetări. Din păcate în lucrările menționate relația fundamentală [11, 6] nu este corect exprimată. În adevăr, în loc de $V\left(\frac{t}{\theta}\right)$, ar trebui scris v. De asemenea relația [10, 6] nu este exactă. Pentru a putea folosi diagramele lui Angelini din lucrările [6] și [7], autorul a considerat că este necesar a se recalcula relația fundamentală, folosind transformata Laplace, prin aplicarea căreia se obțin rezultate corecte. În anexa I se arată deducerea relației (1) indicată mai jos, pentru ambele tipuri de scheme:

$$\eta \cdot v = \frac{\alpha V_c}{\sqrt{\alpha^2-1}}\left[e^{-(\alpha+\sqrt{\alpha^2-1})\frac{t}{\theta}} - e^{-(\alpha-\sqrt{\alpha^2-1})\frac{t}{\theta}} \right]. \quad (1)$$

4. **Influența impedanței obiectului de încercat asupra formei undei.** În cazul generatorului de impuls construit conform schemei Marx, impedanța obiectului (în general rezistența și capacitatea proprie) modifică forma undei de tensiune întrucît prin conectarea obiectului de încercat se modifică parametrii rezultanți ai generatorului. Din punct de vedere practic, capacitatea C_2 (din fig. 2) se alege suficient de mare (1 000—2 000 pF) pentru ca influența capacității obiectului de încercat să fie neînsemnată. Această măsură este utilă în cazul încercărilor de izolatori, dar nu este suficientă în cazul încercărilor de transformatori. Pentru ultima situație trebuie cunoscută *capacitatea de impuls* a transformatorului, necesară a fi însumată la capacitatea de sarcină fizică a generatorului de impuls, pentru a obține capacitatea de sarcină rezultantă. În literatură [8] și [9] se indică valoarea capacității de intrare în transformator, sub aspectul studiului repartiției tensiunii pe înfășurarea transformatorului la momentele $t = 0$ și $t = \infty$. În anexa II autorul calculează valoarea capacității de impuls a transformatorului printr-o metodă proprie. Această valoare este:

$$C = \sqrt{C' \cdot K'} \quad (2)$$

în care:

C' este capacitatea înfășurării față de masă;

K' — capacitatea între bobinele de intrare și ieșire.

5. **Comanda generatorului şi înregistrarea fenomenului.** Forma undei produse de generatorul de impuls se controlează cu ajutorul osciloscopului. La plăcile de fenomen ale osciloscopului se aplică o tensiune redusă ca amplitudine faţă de tensiunea reală, prin intermediul

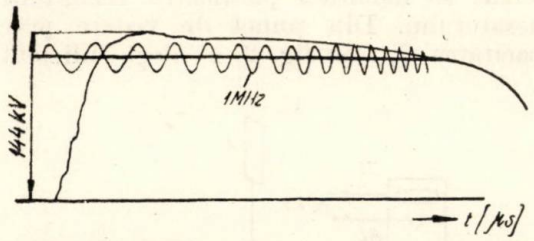


Fig. 5. Unda de tensiune normală 1/50 μs a generatorului de impuls ICPET.

unui divizor de tensiune capacitiv sau rezistiv [10]. În ce priveşte amorsarea generatorului de impuls, aceasta are loc prin reglarea distanţei între eclatorii de amorsare (fig. 4) respectiv prin *creşterea tensiunii* de încărcare a condensatorilor de impuls (c, în fig. 4). În acest sens eclatorul inferior e_1 se reglează la o distanţă mai mică decît ceilalţi eclatori e_2....e_5. O altă modalitate de amorsare se obţine prin prevederea eclatorului e_1 cu un *electrod suplimentar* şi amorsarea unui arc electric între acest electrod şi sfera corespunzătoare a eclatorului [11]. Sistemul de amorsare a generatorului este direct legat de construcţia osciloscopului. Astfel, în cazul amorsării prin creşterea tensiunii de încărcare a condensatorilor C, pentru transmiterea fenomenului la osciloscop se foloseşte un cablu de întîrziere. În cazul amorsării cu electrod suplimentar întîrzierea se realizează prin linie artificială (R, C) şi comandă prin tiratroni [11].

În fig. 4 se indică schema de principiu a instalaţiei generator de impuls lucrînd împreună cu osciloscopul TTC K014, instalaţie realizată la ICPET. Particularitatea instalaţiei constă în folosirea releului de tip Angelini, aferent osciloscopului, care permite înscrierea fenomenelor neperiodice, după o scară logaritmică a

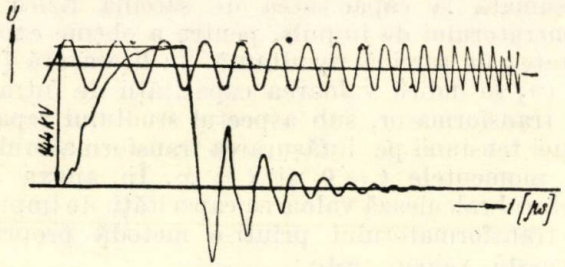


Fig. 6. Unda de tensiune tăiată 50% amorsări a generatorului de impuls ICEPT.

timpului (fig. 5,6). Osciloscopul folosit are catodă rece. Releul Angelini serveşte succesiv la eliberarea spotului de electroni produs de catodă (-60 kV c.c.), realizarea deviaţiei spotului în timp şi blocarea spotului după ce s-a executat înregistrarea. Realizarea acestor operaţii [12] — urmărind fig. 4 — decurge astfel:

Pregătirea pentru înregistrare. Condensatorul C este încărcat de redresorul a_1a_2 la tensiunea de 3 000 V. Astfel electrodul de blocaj Bl este supus la tensiunea —1 500 V printr-o priză S a divizorului de tensiune R_1 şi rezistenţa r_1. Distanţele între sferele eclatorului F sînt reglate la limita amorsării. Astfel, spotul de electroni este scos din zona de înregistrare a ecranului iar osciloscopul este pregătit pentru lucru.

Înregistrarea. Amorsarea generatorului de impuls are loc prin creşterea tensiunii de încărcare, aşa cum s-a arătat mai înainte. Amorsarea are drept efect trimiterea unui impuls la plăcile de fenomen y y_1, prin intermediul divizorului de tensiune D_t şi al cablului de întîrziere C şi captarea unei sarcini electrice suplimentare pe antena A, conectată la sfera centrală a eclatorului F. Apariţia sarcinii suplimentare, produce amorsarea eclatorului cu sfere F; descărcarea condensatorului C, prin rezistenţa R şi eliberarea spotului, deoarece prin arcul electric, sfera centrală a eclatorului F şi deci şi electrodul de blocaj Bl se conectează la masă. Tensiunea plăcii x_1 a bazei de timp scade exponenţial de la -3000 V la zero şi deci fasciculul electronic va fi deviat pe ecran după aceeaşi lege. În vederea măturării întregului ecran, placa x a bazei de timp este conectată prin priza a la o tensiune jumătate cu tensiunea de încărcare a condensatorului C. Constanta de timp $T = RC$ — privind descărcarea condensatorului — poate fi schimbată prin schimbarea rezistenţei R şi condensatorului C. Pentru $R = 10\ \Omega$ şi $C = 1\mu F$ $T = 10$ μs, durata practică a descărcării fiind $t = 3\ T = 30$ μs. Pentru $R = 100\ \Omega$ şi $C = 1$ μF, durata practică a descărcării este $t = 3T = 300$ μs. Durata cea mai redusă a timpului de descărcare se alege pentru analiza frontului undei, în timp ce durata mai mare se foloseşte pentru analiza spatelui undei. Pentru analiza fenomenelor de frecvenţă mai mică se foloseşte fenomenul de încărcare al condensatorului C prin rezistenţa r_2 (200 000 Ω), cu constanta de timp $T = Cr_2$. În acest sens electrodul de blocaj Bl se conectează la pămînt, prin comutatorul I, astfel că fasciculul de electroni este lăsat liber, în timpul încărcării condensatorului C.

6. **Concluzii şi rezultate.** Cu ocazia construirii unor generatori de impuls a fost necesar a se elucida partea teoretică a fenomenelor ce au loc în generator. S-a stabilit astfel relaţia corectă pentru unda de impuls folosind transformata Laplace. Unele relaţii din literatură [6], [7], care nu folosesc o metodă riguroasă pentru demonstrarea formulei (1) conduc la interpretări care nu sînt tocmai corecte.

Determinarea capacităţii de impuls a transformatorului trebuie cunoscută avînd în vedere

că această capacitate are influenţă asupra formei undei de impuls.

În fig. 5 se arată oscilograma undei normale produsă de generatorul ICPET de 400 kV, iar în fig. 6 se indică unda tăiată (50 % amorsări) produsă de acelaşi generator. Se poate observa

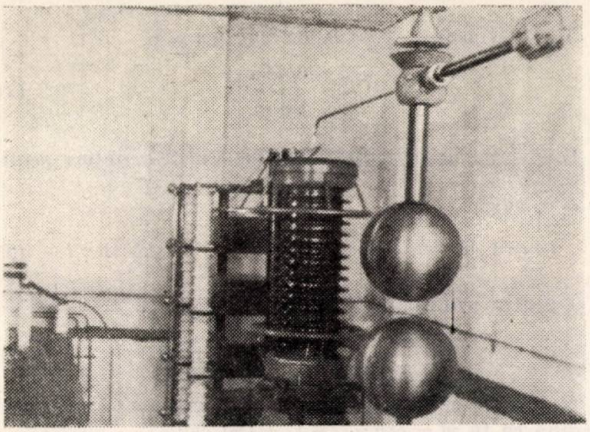


Fig. 7. Generatorul de impuls de tensiune ICEPT.

scara logaritmică a timpului, a cărei explicaţie s-a dat . În fig. 7 se arată generatorul de impuls construit, care de doi ani funcţionează cu bune rezultate.

Anexa 1. **Deducerea relaţiei (1)**

Pentru schema Marx se urmăresc notaţiile din fig. 2. S-a notat cu V_c tensiunea iniţială de încărcare a condensatorului C_1. Relaţiile fundamentale sînt :

$$V_c - \frac{1}{C_2}\int i_1\,dt = R_1 i_1 + R_2 (i_1 - i_2) \tag{3}$$

$$R_2 (i_1 - i_2) = R_3 i_2 + v \tag{4}$$

$$R_0 (i_2 - i_3) = \frac{1}{C_2}\int i_3 dt = v \tag{5}$$

$$i_2 = \frac{v}{R_0} + C_2 \frac{dv}{dt} \tag{6}$$

Rezolvînd ecuaţiile (3), (4), (5), (6) în raport cu variabila v se obţine :

$$\frac{R_2 + R_3 + R_0}{C_1 R_2 R_0}\int v\,dt + \left[\frac{C_2(R_2 + R_3)}{C_1 R_2} + \frac{R_1 (R_2 + R_3 + R_0)}{R_2 R_0} + \frac{R_3 + R_0}{R_0}\right] v + \left[\frac{R_1 C_2 (R_2 + R_3)}{R_2} + R_3 C_2\right]\frac{dv}{dt} = V_c. \tag{7}$$

Aplicînd relaţiei (7) transformata £ (Laplace-Carson) şi ţinînd seama de condiţiile iniţiale ($t = 0$, $v = 0$), se obţine :

$$£\,v = \frac{k\,p\,V_c}{ap^2 + bp + 1} = f(p) \tag{8}$$

în care :

$$k = \frac{C_1 R_2 R_0}{R_2 + R_3 + R_0}$$

$$a = \frac{R_0 C_1 C_2 (R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3)}{R_2 + R_3 + R_0}$$

$$b = \frac{C_1(R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_1 R_0 + R_2 R_3 + R_2 R_0) + R_0 C_2 (R_2 + R_3)}{R_2 + R_3 + R_0}$$

Notînd : $\theta = \sqrt{a}$; $\alpha = \frac{b}{2\sqrt{a}}$, relaţia (8) se transformă în :

$$\frac{\theta}{k}\,£\,v = \frac{\theta p\,V_c}{(\theta p)^2 + 2\alpha(\theta p) + 1} \tag{8'}$$

Din relaţia (8') se obţine relaţia (1) ţinînd seama de teorema de dezvoltare a lui Heaviside [13] şi că $\tau_1 = \frac{b}{k}$.

Pentru schema Marguerre se urmăresc notaţiile din fig. 3. S-a notat cu V_c tensiunea iniţială de încărcare a condensatorilor C_1 şi C_2. Relaţiile fundamentale sînt :

$$v = R_1 i_1 - R_2 i_2 \tag{9}$$

$$V_c - \frac{1}{C_1}\int i_1\,dt = R_1 i_1 \tag{10}$$

$$V_c - \frac{1}{C_2}\int i_2\,dt = R_2 i_2 \tag{11}$$

Aplicînd transformata £ relaţiilor (9), (10), (11) şi ţinînd seama de condiţiile iniţiale ($t = 0$; $v = 0$; $i_1 = 0$; $i_2 = 0$), se obţine :

$$£\,i_1 = \frac{V_c}{\frac{1}{pC_1} + R_1} \tag{12}$$

$$£\,i_2 = \frac{V_c}{\frac{1}{pC_2} + R_2} \tag{13}$$

$$£\,v = R_1\,£\,i_1 - R_2\,£\,i_2 \tag{14}$$

Introducînd valorile £ i_2 şi £ i_2 din relaţiile (12) şi (13) în relaţia (14) se obţine :

$$£\,v = \frac{kp\,V_c}{ap^2 + bp + 1} = f(p). \tag{15}$$

În relaţia (15) s-au făcut notaţiile :

$$k = C_1 R_1 - C_2 R_2$$
$$a = C_1 C_2 R_1 R_2$$
$$b = C_1 R_1 + C_2 R_2$$

Notînd : $\theta = \sqrt{a}$, $\alpha \frac{b}{2\sqrt{a}}$ relaţia (15) se transformă în :

$$\frac{\theta}{k}\,£\,v = \frac{\theta p\,V_c}{(\theta p)^2 + 2\alpha(\theta p) + 1} \tag{8'}$$

Anexa 2. **Deducerea relaţiei (2) capacitatea de impuls C a transformatorului**

În fig. 8 se indică capacităţile existente între galeţi şi faţă de masă, la un transformator, iar în fig. 9 se indică lanţul de cuadripoli echivalent, în ce priveşte repartiţia tensiunilor pe baza capacităţilor. Ţinînd seama că numărul galeţilor unui bobinaj de tensiune înaltă este mare (60—200), considerăm, pe unitatea de lungime, capacitatea între galeţi K [1]) iar faţă de masă sau bobinajul de joasă tensiune C. În aceste condiţii ecuaţiile de propagare sînt :

$$-\frac{\partial i}{\partial x}\,dx = C\,dx\,\frac{\partial u}{\partial t}, \tag{16}$$

$$-\frac{\partial u}{\partial x}\,dx = \frac{\int i\,dt}{\frac{K}{dx}}. \tag{17}$$

[1]) Capacitatea longitudinală K pe unitatea de lungime (m) are dimensiunile Farad x metru şi rezultă ca produs al capacităţii longitudinale K' cu lungimea l. Capacitatea transversală C, pe unitatea de lungime are dimensiunea Farad/metru şi rezultă ca un cît între capacitatea transversală C' şi lungimea l.

Simplificînd cu dx obținem :

$$-\frac{\partial i}{\partial x} = C\frac{\partial u}{\partial t} \tag{16'}$$

$$-\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\int i\,dt}{K}. \tag{17'}$$

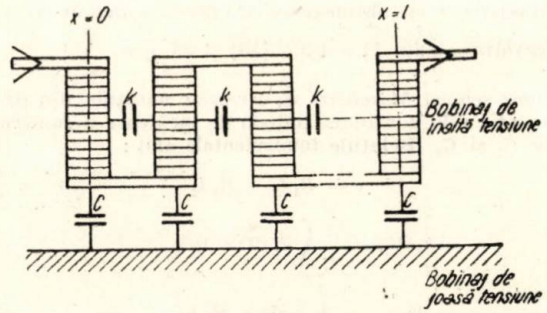


Fig. 8. Referitor la capacitatea de impuls a transformatorului. Capacitatea între galeți K; capacitatea între un galet și masă C.

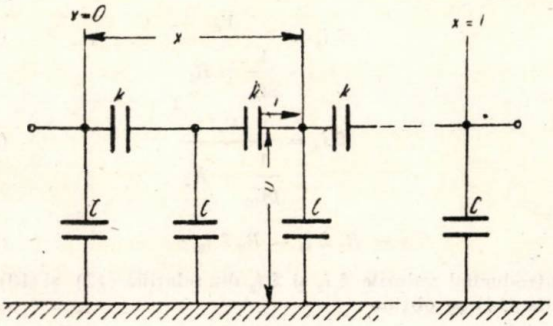


Fig. 9. Lanțul de cuadripol echivalent pentru fig. 8, valabil numai pentru $t = 0$.

Diferențiind relația (17') o dată în raport cu t și o dată în raport cu x, se obține :

$$K\frac{\partial^3 u}{\partial x^2 \partial t} = -\frac{\partial i}{\partial x}. \tag{18}$$

Introducînd valoarea $\frac{\partial i}{\partial x}$ din relația (18) în relația (16') se obține :

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{C}{K}u. \tag{19}$$

Diferențiind relația (16') în raport cu x și ținînd seama de relația (17) diferențiată, se obține :

$$\frac{\partial^2 i}{\partial x^2} = \frac{C}{K}i. \tag{20}$$

Soluțiile ecuațiilor diferențiale (19) și (20) sînt :

$$i = A_1 e^{\gamma x} + A_2 e^{-\gamma x} \tag{21}$$

$$u = B_1 e^{\gamma x} + B_2 e^{-\gamma x} \tag{22}$$

în care :

$$\gamma = \sqrt{\frac{C}{K}} = \frac{1}{l}\sqrt{\frac{C'}{K'}}.$$

Constantele A_1, A_2, B_1, B_2 se determină ținînd seama de condițiile inițiale. Astfel în cazul aplicării înfășurării transformatorului unei unde de impuls de mărimea U, ținînd seama că durata frunții este mică (1 μS), se pot accepta următoarele condiții la limită :

pentru neutrul izolat și $t = 0$ $\begin{cases} x = 0, & u = U \\ x = l, & i = 0 \end{cases}$

pentru neutrul legat la pămînt $\begin{cases} x = 0, & u = U \\ x = l, & u = 0 \end{cases}$

Se obțin astfel relațiile :

pentru neutrul izolat și $t = 0$ $u = U\frac{\operatorname{ch}\gamma(l-x)}{\operatorname{ch}\gamma l}$ (23)

pentru neutrul legat la pămînt și $t = 0$

$$u = U\frac{\operatorname{sh}\gamma(l-x)}{\operatorname{sh}\gamma l} \tag{24}$$

Gradientul de potențial $\frac{\partial u}{\partial x}$ cel mai mare se obține pentru $x = 0$, adică :

pentru neutrul izolat $\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_{\max} = -\gamma U \operatorname{th}\gamma l$ (25)

pentru neutrul legat la pămînt și $t = 0$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_{\max} = -\gamma U \operatorname{cth}\gamma l \tag{26}$$

Dar cum pentru transformatorii construiți $\gamma l = 1 \div 20$, rezultă că $\operatorname{th}\gamma l = \operatorname{cth}\gamma l \approx 1$, astfel că :

$$\left(\frac{\partial U}{\partial x}\right)_{\max} = -\gamma U. \tag{27}$$

Cu aceste elemente pregătite se calculează capacitatea de impuls C_i. Această capacitate este definită ca fiind capacitatea echivalentă a transformatorului pentru $x = 0$ și $t = 0$. Adică :

$$C_i = \frac{Q}{u}\left[\frac{\int i\,dt}{u}\right]_{\substack{x=0\\t=0}} = \left[\frac{-K\frac{\partial u}{\partial x}}{u}\right]_{\substack{x=0\\t=0}} = K\gamma = \sqrt{C'.K'}.$$

Se obține astfel relația (2).

Bibliografie

[1] *Hagenguth, I.* : Stossprüfung von Transformatoren nach amerikanischer Praxis, Elektrotechn. Z. (ETZ) A p. 76 (1955) p. 828—831.

[2] ASA C68.1—1953 : Measurement of test voltage in dielectric tests.

[3] GOST 3484-46 : Transformatoare. Metode de încercare (recomandare). Gost 1232—53 Izolatori

[4] ASA C57.22-1948 : Test code for distribution, power and regulating transformers.

[5] *Gänger, B.* : Auslegung von Stossgeneratoren zum Prüfen von Transformatoren, Elektrotechn. Z. (ETZ) A 75(1954) p. 17—20.

[6] *Angelini, A. M.* : Calcolo rapido degli elementi e delle forme d'onda dei generatori di impulsi. L'Elettrotecnica 28 (1941) 10, pag. 252—258.

[7] *Angelini, A. M.* : Nouvelles formules pour les calcules pratiques relatifs aux essais de choc, CIGRE Rap. 335—1949.

[8] *Blume, F.* and *Boyajian, A.* : Abnormal voltages within transformers. Trans. AIEE 38 (1919) p. 577—614.

[9] *Biermans, I.* : Hochspannung und Hochleistung, Hanser. München, 1949.

[10] *Raske, W.* : Messteiler für hohe Stosspannungen, ATM Z 116—1 dec. 1938, ATM Z 116—4 mai 1939, ATM Z 116—6 iunie 1939.

[11] *Herbst, W.* : Eine fahrbare Messkabine zur oscillographyschen Aufzeichnung schnell verlaufender Hochspannungsvorgänge, Elektrotechn. Z. (ETZ) A 77 (1956) 4, pag. 105—107.

[12] Hochspannungsoscillographen TTC, F. nr. 953 000, A., nr. 263 428.

[13] *Wagner, K. W.* : Operatorenrechnung ed. 2, J. A. Barth, Leipzig, 1950, pag. 64.

Posibilităţi de măsurare a puterii reactive şi a energiei reactive în reţelele trifazate nesimetrice

Ing. M. PREDA şi *ing. C. AMBROZIE*

La măsurarea puterilor şi energiilor active şi reactive intervin probleme speciale în cazurile cînd tensiunile reţelei trifazate sînt nesimetrice. Lucrarea de faţă arată teoretic şi practic posibilităţile de a măsura exact aceste puteri şi energii.

C. Z. 621.316.13.025.3 :621.317.38

Măsurarea puterii reactive şi a energiei reactive are o mare importanţă pentru economia naţională, întrucît cunoaşterea acestor mărimi permite aprecierea calităţii sarcinii consumatorilor de energie şi determinarea factorului de putere, respectiv a factorului de putere mediu.

Deoarece întreprinderile producătoare de energie electrică au nevoie de investiţii capitale şi cheltuieli de exploatare cu atît mai mari cu cît factorul de putere al consumatorilor este mai mic, Consiliul de Miniştri al R.P.R. prin Hotărîrea nr. 188 din 22 februarie 1955 impune tarifarea energiei în funcţie de factorul de putere mediu. Totodată, se hotărăşte determinarea acestui factor de putere pe baza folosirii contoarelor de energie reactivă. De asemenea, se prevede pentru sfîrşitul celui de al doilea plan cincinal, un factor de putere egal cu cel puţin 0,75, pentru toate întreprinderile.

Punerea în aplicare a acestor hotărîri, şi deci măsurile practice referitoare la o mai bună utilizare a instalaţiilor de producere şi transport de energie electrică din ţara noastră, au fost mult stînjenite de greutăţile întîmpinate la măsurarea energiei reactive şi anume lipsa unui număr suficient de contoare de energie reactivă.

În prezenta lucrare, se studiază posibilităţile de măsurare a puterii şi a energiei reactive — în cazul general al reţelelor trifazate avînd tensiuni de linie nesimetrice — cu ajutorul wattmetrelor respectiv contoarelor uzuale de energie activă şi de energie reactivă. Se subliniază că în lipsa contoarelor trifazate speciale de energie reactivă (de tip Berchtold, Iliovici), se pot utiliza, în locul acestora, contoare trifazate cu două elemente de energie activă, alimentate prin transformatoare de măsură; rezolvarea acestei probleme practice, atît de importantă pentru exploatările noastre energetice, se face utilizînd posibilitatea cunoscută de însumare sau scădere a curenţilor respectiv tensiunilor cu ajutorul transformatoarelor de măsură.

În scopul rezolvării aceleiaşi probleme practice, la sfîrşitul articolului se dau indicaţii asupra alegerii schemelor în funcţie de utilajul disponibil şi în funcţie de natura circuitului.

Deducerea schemelor şi determinarea expresiei erorilor de metodă se face într-o formă unitară, bazată pe metoda mărimilor complexe şi pe teoria componentelor simetrice. În acest fel, se realizează o tratare sistematică, înlocuindu-se tratarea separată a fiecărei scheme — tratare bazată pe expresii analitice sau diagrame vectoriale complicate — printr-o tratare mult mai simplă.

1. **Deducerea mărimilor** care se pot obţine din indicaţiile unor wattmetre sau a unor contoare de inducţie, alimentate cu tensiuni de linie şi curenţi de linie. Se ştie că, un contor adecvat, alimentat în aceleaşi condiţii ca şi un wattmetru, măsoară energia corespunzătoare puterii indicate de wattmetru (a n e x a 1); din acest motiv, în continuare ne vom referi, pentru simplitatea expunerii, numai la wattmetre şi la măsurarea puterilor.

Indicaţia W a unui wattmetru ne dă mărimea

$$W = \mathrm{Re}\,[\bar{U}\overset{*}{\bar{I}}] \qquad (1)$$

unde U şi $\overset{*}{I}$ reprezintă valoarea complexă a tensiunii sinusoidale, respectiv valoarea com-

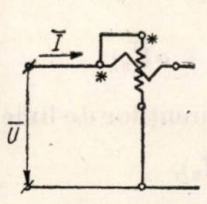


Fig. 1 Schema principială

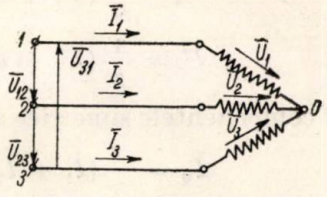


Fig. 2. Circuit trifazat fără fir neutru

plexă conjugată a curentului sinusoidal, cu care se alimentează wattmetrul (a n e x a 2), (fig. 1).

Se iau în considerare numai aparate al căror cuplu este proporţional cu o mărime de forma (1), ceea ce corespunde wattmetrelor şi contoarelor de inducţie obişnuită.

Se consideră o linie trifazată fără fir neutru (fig. 2). Între cele trei tensiuni de linie există relaţia:

$$\bar{U}_{12} + \bar{U}_{23} + \bar{U}_{31} = 0. \qquad (2)$$

Între curenţii de linie avem, în acest caz, relaţia:

$$\bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_3 = 0. \qquad (3)$$

Relaţiile (2) şi (3) arată că din cele şase mărimi de linie — 3 tensiuni de linie şi 3 curenţi de linie — numai patru sînt independente şi deci din cele 9 combinaţii distincte de forma (1),

nu se pot grupa mai mult de patru într-un sistem de mărimi independente.

Folosind relațiile (2) și (3), în funcție de 4 mărimi independente de forma (1),

$$W_{12.3} = \mathrm{Re}\,[\bar{U}_{12}\overset{*}{\bar{I}}_3], \qquad W_{23.1} = \mathrm{Re}\,[\bar{U}_{23}\overset{*}{\bar{I}}_1],$$
$$W_{31.2} = \mathrm{Re}\,[\bar{U}_{31}\overset{*}{\bar{I}}_2], \qquad W_{12.1} = \mathrm{Re}\,[\bar{U}_{12}\overset{*}{\bar{I}}_1], \quad (4)$$

se pot obține toate celelalte mărimi de forma (1), în care se utilizează restul de combinații posibile între tensiuni de linie și curenți de linie.

Rezultă că, la o rețea trifazată fără fir neutru, nu are sens să se folosească mai mult de 4 wattmetre (care să dea valori independente), deoarece din indicațiile acestor 4 aparate rezultă toate mărimile care se pot obține din indicațiile unor wattmetre, în număr oricît de mare, alimentate cu tensiuni de linie și curenți de linie.

Se observă că, mărimile de linie determină regimul de funcționare al rețelei și caracterizează complet transferul de energie care are loc în lungul liniei, indiferent de felul receptoarelor care sînt legate la extremitatea rețelei. Felul receptoarelor, inclusiv conexiunea lor, fiind indiferente, se va considera pentru simplitate un singur receptor cu conexiune în stea (fig. 2).

Folosind componentele simetrice ale tensiunilor de fază:

$$\bar{U}_0 = \frac{1}{3}(\bar{U}_1 + \bar{U}_2 + \bar{U}_3),$$
$$\bar{U}_d = \frac{1}{3}(\bar{U}_1 + a\bar{U}_2 + a^2\bar{U}_3), \quad (5)$$
$$\bar{U}_i = \frac{1}{3}(\bar{U}_1 + a^2\bar{U}_2 + a\bar{U}_3)$$

și componentele simetrice ale curenților de linie:

$$\bar{I}_0 = \frac{1}{3}(\bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_3),$$
$$\bar{I}_d = \frac{1}{3}(\bar{I}_1 + a\bar{I}_2 + a^2\bar{I}_3), \quad (6)$$
$$\bar{I}_i = \frac{1}{3}(\bar{I}_1 + a^2\bar{I}_2 + a\bar{I}_3).$$

Se adoptă notațiile:

$$\bar{U}_d\overset{*}{\bar{I}}_d = P_d + \mathrm{j}Q_d = U_d I_d \cos\varphi_d + \mathrm{j}U_d I_d \sin\varphi_d$$
$$\bar{U}_i\overset{*}{\bar{I}}_i = P_i + \mathrm{j}Q_i = U_i I_i \cos\varphi_i + \mathrm{j}U_i I_i \sin\varphi_i \quad (7)$$
$$\bar{U}_d\overset{*}{\bar{I}}_i = P_{di} + \mathrm{j}Q_{di} = U_d I_i \cos\varphi_{di} + \mathrm{j}U_d I_i \sin\varphi_{di}$$
$$\bar{U}_i\overset{*}{\bar{I}}_d = P_{id} + \mathrm{j}Q_{id} = U_i I_d \cos\varphi_{id} + \mathrm{j}U_i I_d \sin\varphi_{id}.$$

Din expresiile (4) se obține (anexa 3):

$$W_{12.3} = \sqrt{3}\left[(Q_d - Q_i) - \frac{\sqrt{3}}{2}(P_{di} + P_{id}) - \frac{1}{2}(Q_{di} - Q_{id})\right]; \quad W_{23.1} = \sqrt{3}\left[(Q_d - Q_i) + (Q_{di} - Q_{id})\right]; \quad (8)$$

$$W_{31.2} = \sqrt{3}\left[(Q_d - Q_i) + \frac{\sqrt{3}}{2}(P_{di} + P_{id}) - \frac{1}{2}(Q_{di} - Q_{id})\right];$$

$$W_{12.1} = \sqrt{3}\left[-\frac{1}{2}(Q_d - Q_i) + \frac{\sqrt{3}}{2}(P_{di} + P_{id}) + \frac{\sqrt{3}}{2}(P_d + P_i) - \frac{1}{2}(Q_{di} - Q_{id})\right].$$

Din rezolvarea sistemului de ecuații (8) se pot obține mărimile:

$$P_d + P_i,\ Q_d - Q_i,\ P_{di} + P_{id},\ Q_{di} - Q_{id}. \quad (9)$$

Deci, conform celor spuse mai sus, chiar dacă se fac toate celelalte măsurări posibile cu wattmetre, nu s-ar putea obține decît un sistem de ecuații echivalent cu sistemul (8), din a cărui rezolvare se obțin tot mărimile (9) sau, cel mult, combinații liniare ale acestor mărimi.

Dintre mărimile (9) prezintă interes numai primele două; prima mărime permite determinarea puterii active (fără eroare sistematică de metodă):

$$P = 3(P_d + P_i) = W_{12.1} + W_{32.3} \quad (10)$$

iar cea de a doua mărime permite determinarea mărimii:

$$Q' = 3(Q_d - Q_i) = \frac{1}{\sqrt{3}}(W_{12.3} + W_{23.1} + W_{31.2}) \quad (11)$$

care dă puterea reactivă $Q = 3(Q_d + Q_i)$, (anexa 4) a rețelei trifazate fără fir neutru, cu eroarea sistematică de metodă

$$\gamma_Q = \frac{Q' - Q}{Q}\,100 = -\frac{2Q_i}{Q_d + Q_i}\,100\ [\%].$$

Notînd gradele de asimetrie ale tensiunilor de linie și ale curenților de linie cu:

$$\varepsilon_U = \frac{U_i}{U_d} \quad \text{respectiv} \quad \varepsilon_I = \frac{I_i}{I_d},$$

eroarea de determinare a puterii reactive — cu ajutorul unor wattmetre folosind tensiuni de linie și curenți de linie — devine:

$$\gamma_Q = -\frac{2\varepsilon_U\varepsilon_I \sin\varphi_i}{\varepsilon_U\varepsilon_I \sin\varphi_i + \sin\varphi_d}\,100\ [\%]. \quad (12)$$

La asimetrie simplă ($\varepsilon_U = 0$ sau $\varepsilon_I = 0$) această eroare devine egală cu zero[1]).

Din considerațiile de mai sus rezultă că, cu wattmetre obișnuite și contoare de inducție al căror cuplu activ este proporțional cu mărimea (1), se poate măsura puterea, respectiv

[1]) În acest articol nu sînt discutate schemele de conectare la faze străine a unui singur wattmetru sau a două wattmetre obișnuite; în aceste cazuri eroarea de metodă are o valoare diferită de cea indicată mai sus; pentru schemele respective această eroare poate fi determinată într-un mod analog celui de tratare a prezentului articol.

Tabela 1

Expresii care rezultă din expresia $\bar{U}_{12}\overset{*}{I}_3 + \bar{U}_{23}\overset{*}{I}_1 + \bar{U}_{31}\overset{*}{I}_2$ şi indicînd scheme de măsurare a puterii şi energiei reactive

Nr. curent	Mărimile utilizate şi nr. lor: Tensiuni de linie	Tensiuni de fază	Curenţii de linie	Expresia	Relaţii folosite la ducerea expresiei	Modul de realizare şi aparate folosite	Schema (fig. 3)	Observaţii
1	3	—	3	$\bar{U}_{12}\overset{*}{I}_3 + \bar{U}_{23}\overset{*}{I}_1 + \bar{U}_{31}\overset{*}{I}_2$	—	3 Wm sau $1Wt_3$	*a*	Schema cu conectare la faze străine. *N*
2				$\bar{U}_{21}\overset{*}{I}_1 + \bar{U}_{32}\overset{*}{I}_3 + 2\bar{U}_{31}\overset{*}{I}_2$	I, II	3 Wm sau $1Wt_2$ şi W 1m	*b*	Schema Righi.
3	2	—	3	$\bar{U}_{12}(\overset{*}{I}_3 - \overset{*}{I}_2) + \bar{U}_{23}(\overset{*}{I}_1 - \overset{*}{I}_2)$	I	4 Wm ; 2Wm sau $1Wt_2$ alimentare prin 3TI	*d*	*N*
						Contor Berchtold	*e*	Schema cu contor Berchtold *N*
4				$-\bar{U}_{12}(\overset{*}{I}_1 + 2\overset{*}{I}_2) - \bar{U}_{23}(\overset{*}{I} + 2\overset{*}{I}_2)$	I, II	4Wm sau o nouă alimentare a contorului Iliovici		*
5	2	—	2	$\bar{U}_{12}(2\overset{*}{I}_3 + \overset{*}{I}_1) + \bar{U}_{23}(2\overset{*}{I}_1 + \overset{*}{I}_3)$	I, II	Contor Iliovici	*f*	Schema cu contor Iliovici
6				$(\bar{U}_{12} + 2\bar{U}_{23})\overset{*}{I}_1 + (\bar{U}_{23} + 2\bar{U}_{12})\overset{*}{I}_3$	I, II	4Wm ; 2Wm sau $1Wt_2$ alimentat cu autotransformator special	*g*	Schema cu autotransfor.
7	3	—	3	$\bar{U}_{1_0}(\overset{*}{I}_3 - \overset{*}{I}_2) + \bar{U}_{2_0}(\overset{*}{I}_1 - \overset{*}{I}_3) + \bar{U}_{3_0}\overset{*}{I}_2 - \overset{*}{I}_1)$	III	3Wm sau $1Wt_3$ alimentate prin 3T ; nul artificial	*h*	*N* *
8	—	2	2	$3(\bar{U}_{10}\overset{*}{I}_3 - \bar{U}_{30}\overset{*}{I}_1)$	II, III, IV	2Wm legate la un punct neutru artificial	*c*	Schema cu nul artificial

Relaţii folosite :

I $\bar{U}_{12} + \bar{U}_{23} + \bar{U}_{31} = 0$

II $\overset{*}{I}_1 + \overset{*}{I}_3 + \overset{*}{I}_3 = 0$

III $\bar{U}_{ik} = \bar{U}_{i_0} - \bar{U}_{k_0}$

IV $\bar{U}_{10} + \bar{U}_{20} + \bar{U}_{30} = 0$

Notaţii prescurtate

Wm = Wattmetru respectiv contor monofazat
Wt_2 = Wattmetru respectiv contor trifazat cu 2 elemente
Wt_3 = Wattmetru respectiv contor trifazat cu 3 elemente
TI = Transformator de intensitate

Indicaţii ;

N — Scheme utilizabile şi la reţele cu fir neutru (v. textul)
* — Corespund unor scheme neindicate în literatura consultată

energia reactivă, pentru o reţea trifazată fără fir neutru, atunci cînd nesimetria tensiunilor de linie este neglijabilă, însă aceste mărimi nu se pot măsura atunci cînd nesimetria tensiunilor este pronunţată[2]).

2. **Deducerea schemelor** care permit măsurarea puterii, respectiv a energiei reactive. În paragraful precedent s-a demonstrat că, cu ajutorul unor wattmetre obişnuite cărora li se aplică tensiunile de linie şi prin care trec curenţi de linie, se poate măsura mărimea

$$Q' = \frac{1}{\sqrt{3}}\left\{\mathrm{Re}\,[\bar{U}_{12}\overset{*}{I}_3] + \mathrm{Re}[\bar{U}_{23}\overset{*}{I}_1] + \mathrm{Re}\,[\bar{U}_{31}\overset{*}{I}_2]\right\} \tag{13}$$

Această mărime dă valoarea puterii reactive cu o eroare neglijabilă în cazul cel mai frecvent, cînd nesimetria tensiunilor de linie este puţin pronunţată ($\varepsilon_U \leqslant 0{,}05$) şi factorul de putere mediu este sensibil mai mic decît unitatea.

Măsurarea mărimii Q' se poate face conform expresiei (13) folosind schema (*a*) din fig. 3. Această schemă, care se foloseşte adesea, are dezavantajul că necesită un număr relativ mare de aparate — 3 wattmetre monofazate, respectiv 3 contoare monofazate — sau un contor trifazat cu 3 elemente.

Celelalte posibilităţi de măsurare ale mărimii

$$Q' = \frac{1}{\sqrt{3}}\mathrm{Re}\left\{[\bar{U}_{12}\overset{*}{I}_3] + [\bar{U}_{23}\overset{*}{I}_1] + [\bar{U}_{31}\overset{*}{I}_2]\right\} \tag{13'}$$

reies din diferitele posibilităţi distincte de exprimare a expresiei :

$$\bar{U}_{12}\overset{*}{I}_3 + \bar{U}_{23}\overset{*}{I}_1 + \bar{U}_{31}\overset{*}{I}_2, \tag{13''}$$

pe baza relaţiilor (2), (3) şi a relaţiilor

$$\bar{U}_{12} = \bar{U}_{1_0} - \bar{U}_{2_0}\,,\quad \bar{U}_{23} = \bar{U}_{2_0} - \bar{U}_{3_0},$$
$$\bar{U}_{31} = \bar{U}_{3_0} - \bar{U}_{1_0} \text{ şi } \bar{U}_{1_0} + \bar{U}_{2_0} + \bar{U}_{3_0} = 0 \tag{14}$$

care exprimă legăturile dintre tensiunile de linie şi tensiunile de fază obţinute cu ajutorul unui punct neutru artificial (a n e x a 5).

Procedînd în acest mod, se constată (a n e x a 6) că toate schemele cunoscute, ce servesc la măsurarea energiei reactive, care folosesc wattmetre respectiv contoare de inducţie[3]) şi care

[2]) Pentru aprecierea mărimii erorii respective, se indică lucrarea [3].

[3]) Aici, ca şi în tot restul articolului, nu se iau în considerare contoarele de inducţie avînd elemente adiţionale care modifică expresia cuplului (1) faţă de tensiunile de linie.

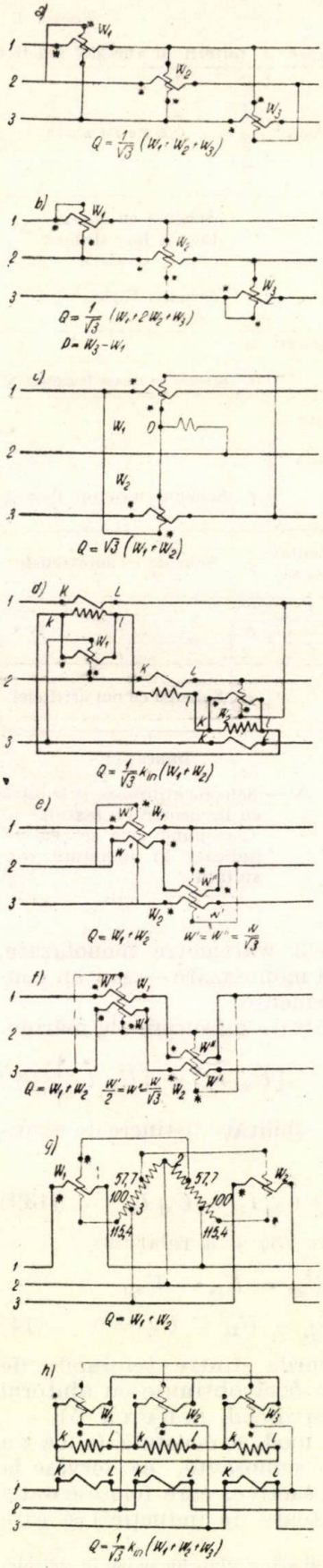


Fig. 3. Scheme pentru măsurarea puterii repectiv energiei reactive

au o eroare de metodă nulă la simetrie simplă, se bazează pe măsurarea mărimii Q' (tabela 1, numerele 1, 2, 3, 5, 6, 8).

Pe de altă parte, se observă că printre expresiile obţinute în acest mod sînt, unele care conţin ca factori sume sau diferenţe de curenţi respectiv tensiuni; aceasta conduce direct la ideea realizării unor scheme pentru măsurarea energiei reactive cu ajutorul transformatoarelor de măsură (tabela 1, numerele 3, 4, 5, 7). Schemele respective care principial nu constituie o noutate, deoarece scheme analoge pentru măsurarea energiei active sînt indicate în literatură [4], sînt utile atunci cînd nu se dispune de contoare speciale cu înfăşurări serie divizate (de tip Berchtold sau Iliovici) dar se dispune de contoare de energie activă, iar valorile curenţilor şi tensiunilor impun utilizarea transformatoarelor de măsură.

Trebuie precizat că din totalitatea schemelor ce corespund diverselor posibilităţi distincte de exprimare a expresiei (13″), (care se pot obţine foarte uşor) se iau în considerare, în acest articol, numai acele scheme, care prezintă interes din punct de vedere tehnico-economic în funcţie de utilajul minim necesar, utilajul disponibil şi natura reţelei.

Asupra importanţei practice a diverselor scheme indicate în tabela 1 şi fig. 3 se fac precizări în ultimul paragraf al articolului.

3. **Măsurarea puterii active şi a puterii reactive în circuite trifazate cu fir neutru.** În cazul acestor circuite (fig. 4), puterea

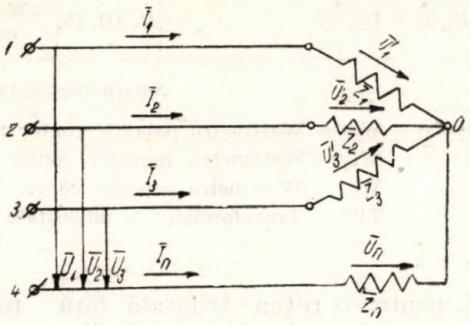


Fig. 4 Circuit trifazat cu fir neutru

activă totală P şi puterea reactivă totală Q sînt respectiv egale cu suma puterilor active şi a puterilor reactive ale fazelor şi a firului neutru. Complexul puterii totale este în acest caz:

$$\bar{S} = P + jQ = \bar{S}_1 + \bar{S}_2 + \bar{S}_3 + \bar{S}_n =$$

$$= \bar{U}'_1 \overset{*}{\bar{I}}_1 + \bar{U}'_2 \overset{*}{\bar{I}}_2 + \bar{U}'_3 \overset{*}{\bar{I}}_3 + \bar{U}_n \overset{*}{\bar{I}}_n. \qquad (15)$$

Din legea I-a a lui Kirchhoff, aplicată punctului neutru 0, obţinem:

$$\bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_3 + \bar{I}_n = 0. \qquad (16)$$

Relaţia (15) se poate scrie deci şi în forma:

$$\bar{S} = (\bar{U}'_1 - \bar{U}_n)\overset{*}{\bar{I}}_1 + (\bar{U}'_2 - \bar{U}_n)\overset{*}{\bar{I}}_2 + (\bar{U}'_3 - \bar{U}_n)\ \overset{*}{\bar{I}}_3.$$

Exprimînd tensiunile dintre conductoarele liniei şi firul neutru $\bar{U}_1, \bar{U}_2 \bar{U}_3$, în funcţie de tensiunile de fază ale receptorului U'_1, U'_2, U'_3

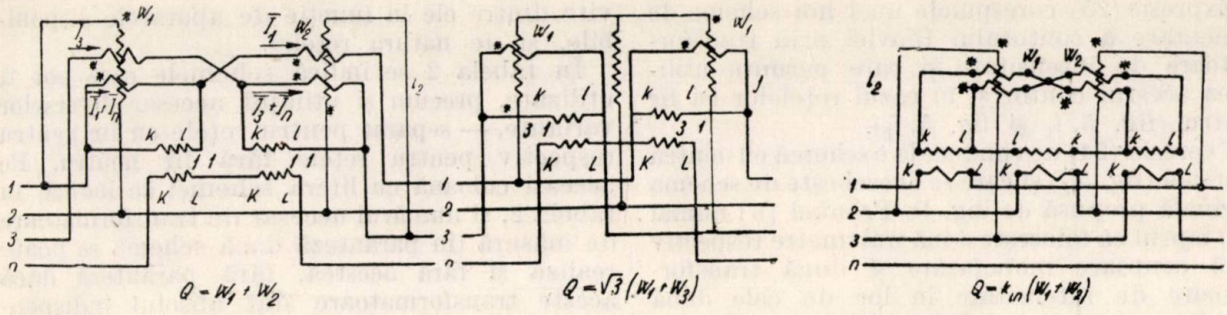


Fig. 5. Schema: *a*, *c* — permiţînd folosirea contorului Iliovici în cazul reţelelor cu fir neutru: *b* — neutrul artificial

se obţine:

$$\bar{S} = \bar{U}_1 \overset{*}{\bar{I}}_1 + \bar{U}_2 \overset{*}{\bar{I}}_2 + \bar{U}_3 \overset{*}{\bar{I}}_3. \qquad (17)$$

Utilizînd componentele simetrice $\bar{U}_0$, $\bar{U}_d$, $\bar{U}_i$, ale tensiunilor dintre faze şi neutru, şi componentele simetrice $\bar{I}_0$, $\bar{I}_d$, $\bar{I}_i$ ale curenţilor de linie, se obţine expresia cunoscută

$$\bar{S} = 3\bar{U}_d \overset{*}{\bar{I}}_d + 3\bar{U}_i \overset{*}{\bar{I}}_i + 3\bar{U}_0 \overset{*}{\bar{I}}_0. \qquad (18)$$

Astfel că, puterea activă totală absorbită de circuitul trifazat cu fir neutru are expresia:

$$P = 3U_d I_d \cos \varphi_d + 3U_i I_i \cos \varphi_i + 3U_0 I_0 \cos \varphi_0 \qquad (19)$$

iar puterea reactivă totală este:

$$Q = 3U_d I_d \sin \varphi_d + 3U_i I_i \sin \varphi_i + 3U_0 I_0 \sin \varphi_0 \qquad (20)$$

Dacă tensiunile de linie formează un sistem trifazat simetric de succesiune directă, se ştie că tensiunile de fază nu au componente simetrice de succesiune inversă astfel că, în acest caz puterile capătă următoarele expresii:

$$P = 3U_d I_d \cos \varphi_d + 3U_0 I_0 \cos \varphi_0 \qquad (21)$$

$$Q = 3U_d I_d \sin \varphi_d + 3U_0 I_0 \sin \varphi_0 \qquad (22)$$

Deci rezultă că, schemele uzuale cu ajutorul cărora se determină

$$\mathrm{Re}\,[\bar{U}_{12} \overset{*}{\bar{I}}_1 + \bar{U}_{32} \overset{*}{\bar{I}}_3] = 3U_d I_d \cos \varphi_d + 3U_i I_i \cos \varphi_i$$

dau valoarea puterii active (19) cu eroarea absolută de metodă

$$\Delta P = -3U_0 I_0 \cos \varphi_0, \qquad (23)$$

iar schemele care determină

$$Q' = \frac{1}{\sqrt{3}} \mathrm{Re}\,[\bar{U}_{12} \overset{*}{\bar{I}}_3 + \bar{U}_{23} \overset{*}{\bar{I}}_1 + \bar{U}_{31} \overset{*}{\bar{I}}_2] =$$

$$= 3U_d I_d \sin \varphi_d - 3U_i I_i \sin \varphi_i$$

dau valoarea puterii reactive (20) cu eroarea absolută de metodă

$$\Delta Q = -6 U_i I_i \sin \varphi_i - 3U_0 I_0 \sin \varphi_0. \qquad (24)$$

Aceasta arată că, schemele corespunzătoare dau o eroare neglijabilă cînd tensiunile de fază — tensiunile dintre conductoarele liniei şi firul neutru — formează un sistem practic simetric (în acest caz $U_0 \cong 0$, $U_i \cong 0$).

Rezultă că, schemele notate în tabela 1 la rubrica observaţii cu *N*, care determină mărimea *Q'* indiferent dacă există sau nu fir neutru, se pot folosi şi în cazul circuitelor cu fir neutru atunci cînd tensiunile dintre conductoarele liniei şi firul neutru formează un sistem practic simetric.

Schemele corespunzătoare celorlalte expresii indicate în tabela 1 au fost obţinute pe baza relaţiei $\bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_3 = 0$, ce nu este valabilă în cazul circuitelor cu fir neutru şi încărcări nesimetrice. Folosirea acestor scheme trebuie deci evitată la reţelele cu fir neutru, deoarece chiar la simetria tensiunilor de fază ale liniei se pot obţine erori inadmisibile; astfel, pentru contorul Iliovici (fig. 3, *f*) şi pentru celelalte scheme bazate pe relaţia (3) şi în care nu se utilizează curentul $\bar{I}_2$, acesta fiind înlocuit prin $-(\bar{I}_1 + \bar{I}_3)$, se obţine eroarea

$$-\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \mathrm{Re}\,[\bar{U}_{31} \overset{*}{\bar{I}}_n].$$

Dacă se utilizează relaţia $\bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_3 + \bar{I}_n = 0$, valabilă în cazul reţelelor cu fir neutru, în locul expresiilor (5) şi (8) din tabela 1 se obţin imediat expresiile:

$$\bar{U}_{12} \overset{*}{\bar{I}}_3 + \bar{U}_{23} \overset{*}{\bar{I}}_1 + \bar{U}_{31} \overset{*}{\bar{I}}_2 = \bar{U}_{12} \overset{*}{\bar{I}}_3 + \bar{U}_{23} \overset{*}{\bar{I}}_1 +$$

$$+ (\bar{U}_{12} + \bar{U}_{23})(\overset{*}{\bar{I}}_1 + \overset{*}{\bar{I}}_3 + \overset{*}{\bar{I}}_n) = \bar{U}_{12}[2\overset{*}{\bar{I}}_3 +$$

$$+ (\overset{*}{\bar{I}}_1 + \overset{*}{\bar{I}}_n)] + \bar{U}_{23}[2\overset{*}{\bar{I}}_1 + (\overset{*}{\bar{I}}_3 + \overset{*}{\bar{I}}_n)] = \qquad (25)$$

$$= \bar{U}_{12}[2\overset{*}{\bar{I}}_3 - (\overset{*}{\bar{I}}_2 + \overset{*}{\bar{I}}_3)] + \bar{U}_{23}[2\overset{*}{\bar{I}}_1 - (\overset{*}{\bar{I}}_1 + \overset{*}{\bar{I}}_2)]$$

şi $\bar{U}_{12} \overset{*}{\bar{I}}_3 + \bar{U}_{23} \overset{*}{\bar{I}}_1 + \bar{U}_{31} \overset{*}{\bar{I}}_2 = (2\bar{U}_{1_0} + \bar{U}_{3_0}) \cdot$

$$\cdot \overset{*}{\bar{I}}_3 + (-2\bar{U}_{3_0} - \bar{U}_{1_0}) \overset{*}{\bar{I}}_1 + (\bar{U}_{3_0} - \bar{U}_{1_0})(-\overset{*}{\bar{I}}_1 -$$

$$- \overset{*}{\bar{I}}_3 - \overset{*}{\bar{I}}_n) = \bar{U}_{1_0}(3\overset{*}{\bar{I}}_3 + \overset{*}{\bar{I}}_n) - \bar{U}_{3_0}(3\overset{*}{\bar{I}}_1 + \overset{*}{\bar{I}}_n) \qquad (26)$$

Expresia (25) corespunde unei noi scheme de alimentare a contorului Iliovici prin transformatoare de intensitate şi care permite utilizarea acestui contor şi în cazul reţelelor cu fir neutru (fig. 5, i_1 şi fig. 5, i_2).

Expresia (24) ne conduce la o schemă cu neutru artificial (fig. 5,*j*) şi care se deosebeşte de schema originală propusă de ing. D. Fränkel [6] numai prin faptul că foloseşte două wattmetre respectiv două contoare monofazate şi două transformatoare de intensitate în loc de cele două aparate speciale — cu înfăşurări serie divizate în raportul 1/3 al numărului de spire — propuse de autorul menţionat [4]).

4. **Concluzii** privind alegerea schemelor de măsurare a puterii respectiv energiei reactive. Tratarea sistematică a posibilităţiilor de măsurare a puterii şi energiei reactive, făcută în paragrafele precedente, permite aprecierea utilităţii diferitelor scheme şi indicarea celor mai potrivite dintre ele în funcţie de aparatele disponibile, şi de natura reţelei.

În tabela 2 se indică schemele care pot fi utilizate, precum şi utilajul necesar diverselor variante, — separat pentru reţele cu fir neutru respectiv pentru reţele fără fir neutru. Pe aceeaşi coloană cu litera schemei se indică, în tabela 2, şi numărul necesar de transformatoare de măsură (în paranteză dacă schema se poate realiza şi fără acestea, fără paranteză dacă aceste transformatoare sînt absolut indispensabile).

Tabela 2 ne conduce la o serie de concluzii în legătură cu măsurarea energiei reactive.

Concluzia generală care se desprinde este aceea că cea mai bună soluţie din punct de vedere tehnico-economic este, indiferent de natura reţelei, folosirea contoarelor Berchtold, acestea avînd o construcţie simplă şi un factor de corecţie unitar[5]) (realizat prin reducerea corespunzătoare a numărului de spire aparţinînd înfăşurărilor serie divizate).

[4]) Trebuie precizat că, în practică, se evită de obicei schemele care necesită înserieri de aparate pe firul neutru, deoarece creşte pericolul întreruperii lui accidentale; o asemenea întrerupere poate duce la deteriorarea receptoarelor, din cauza dezechilibrării tensiunilor de fază.

[5]) Se înţelege de obicei prin factor de corecţie a unui contor, valoarea raportului dintre energia de măsurat şi energia măsurată cu ajutorul contorului în condiţii de simetrie a sistemului.

Tabela 2

Alegerea schemelor de măsurare a puterii şi a energiei reactive în funcţie de aparatele disponibile

Aparatele disponibile	Numărul aparatelor	SCHEMA																					
		Pentru reţele fără fir de neutru													Pentru reţele cu fir de neutru									
Wattmetre respectiv contoare monofazate	1				b																		
	2					d				g			c				d					j	
	3	a		b							h				a					h			
Wattmetre respectiv contoare trifazate cu 2 elemente	1				b		d				g							d					
Wattmetre respectiv contoare trifazate cu 3 elemente	1		a									h		c		a					h		j
Contoare Berchtold	1							e											e				
Contoare Iliovici	1								f													i	
Transformatoare de intensitate	2	(a)* sau	(a)* sau	(b)* sau	(b)* sau	$d^{1'}$ sau	$d^{1)}$ sau	(f)	(g)	(g)	$h^{1)}$ sau	$h^{1)}$ sau	(c)	(c)		$d^{1)}$ sau	$d^{1)}$ au			$h^{1)}$ sau	$h^{1)}$ sau	$j^{1)}$ sau	$i^{1)}$ sau	$j^{1)}$ sau
	3	(a)	(a)	(b)	(b)	$d^{2'}$	$d^{2)}$				$h^{2)}$	$h^{2)}$			(a)	(a)	$d^{2)}$	$d^{2)}$	(a)	(a)	$h^{2)}$	$h^{2)}$	$j^{2)}$	$j^{2)}$	$j^{2)}$
Transformatoare de tensiune	2 înv	(a)	(a)	(b)	(b)	d	d	(e)	(f)	(g)	(g)	(h)	(h)	(c)	(c)	(a)	(a)	d_1 şi d_2	d_1 şi d_2	(e)	(h)	(h)	(i)	(j)	(j)
Autotransformatoare speciale	2									g	g														
Impedanţe adiţionale	1													c										j	

*) După cum nu se ţine sau se ţine seama de curenţii capacitivi la pământ.
1) Cînd valorile curenţilor de linie nu impun utilizarea transformatoarelor de intensitate.
2) Cînd valorile curenţilor de linie nu impun utilizarea transformatoarelor de intensitate.
Obs. În privinţa notaţiilor, a se vedea indicaţiile din text.

La utilizarea celorlalte scheme, alegerea este condiționată pe de o parte de natura rețelei (dacă rețeaua are sau nu fir neutru), iar pe de altă parte de valorile curenților și tensiunilor (dacă se impune sau nu conectarea prin transformatoare de măsură).

Evident că, o schemă este cu atît mai avantajoasă cu cît folosește contor cu mai puține elemente și cu cît numărul de transformatoare de măsură necesare este mai mic.

Un criteriu, care determină uneori alegerea schemei și a contorului, este și posibilitatea obținerii unui factor de corecție unitar.

Pe baza celor arătate pînă acum , se poate alcătui tabela 3 pentru alegerea schemei de

Tabela 3

Alegerea schemei de măsurare în funcție de natura rețelei

Rețele fără fir neutru		Rețele cu fir neutru		
			Obligatorie utilizarea tr.int.	
Nu este obligatorie utilizarea transformatoarelor de intensitate	Obligatorie utilizarea transformatoarelor de intensitate	Nu este obligatorie utilizarea transformatoarelor de intensitate	Neutrul este accesibil	Neutrul nu este accesibil
e	e	e	e	e
f	f	a	d	d
c	c	(d)	i_2	i_2
a	d	(h)	a	a
g	a	(i_1)	n	h
(d)	(g)	(j)	(j)	
Eroarea de metodă este dată de relația (12).		Eroarea de metodă este dată de relația (24).		

măsurare a puterii respectiv energiei reactive. În această tabelă schemele sînt trecute pornind de la cele mai avantajoase la cele mai puțin avantajoase pentru cazurile respective ; schemele indicate între paranteze pot fi utilizate, însă nu sînt recomandabile, ele necorespunzînd din punct de vedere tehnico-economic.

Expresiile corespunzătoare schemelor sînt indicate în tabela 1 și relațiile (25), (26) ; conexiunile se execută conform fig. 3 și fig. 5 ; aparatajul necesar este indicat în tabela 2.

Dacă, pentru mărirea gamei de măsurare, este nevoie să se folosească transformatoare de măsură, acestea se conectează conform procedeelor cunoscute și prezentate în orice curs de măsurări electrice.

Trebuie precizat că schemele *d*, *h*, *i* și *j* pot fi realizate cu două transformatoare de intensitate, cînd valorile curenților și tensiunilor nu impun utilizarea transformatoarelor de intensitate ; aceste scheme se realizează cu trei transformatoare, cînd valorile curenților și tensiunilor impun utilizarea acestora. În figurile din text se dau, pentru exemplificare, variantele schemelor *d*, *h* și *i* pentru ultimul caz și variantele schemelor *i* și *j* pentru primul caz.

La utilizarea schemelor *d* sau *h* trebuie să se aibă în vedere că, curenții care trec prin înfășurările serie ale aparatelor pot atinge valori pînă la dublul valorilor curenților din secundarele transformatoarelor de intensitate ; de aceea, la alegerea valorilor nominale ale utilajului întrebuințat, trebuie să se țină seamă și de această observație pentru cazurile respective.

La realizarea practică a schemelor pentru măsurarea puterii sau energiei reactive trebuie avut în vedere că, în toate schemele indicate, am considerat succesiunea fazelor 1—2—3 ca succesiune directă. În caz că nu se respectă această succesiune, mărimile Q_d și Q_i se schimbă între ele și deci mărimea măsurată Q' schimbă de semn ; ca urmare, se obține puterea reactivă respectiv energia reactivă cu semn schimbat. Rezultă că, la montarea contoarelor cu sistem de blocare împotriva rotirii discului în sens invers, trebuie neapărat să se respecte succesiunea directă 1—2—3 a fazelor din schemă.

Un alt rezultat care se desprinde din cele expuse este faptul că, nu se poate măsura puterea respectiv energia reactivă, atunci cînd tensiunile de linie formează un sistem trifazat cu o nesimetrie pronunțată, utilizînd wattmetre sau contoare de inducție, fără folosirea unor elemente adiționale care să producă defazarea convenabilă a tensiunilor sau a curenților din aparate față de mărimile corespunzătoare din rețea.

Anexa 1. Justificarea folosirii indicațiilor wattmetrelor

În prezenta lucrare se consideră contoare de inducție, cele al căror cuplu activ este proporțional cu aceeași mărime cu care este proporțional și cuplul activ al unui wattmetru. Datorită creării cuplului de frînare cu ajutorul unui magnet permanent, viteza de rotație n a discului contorului este proporțională cu cuplul activ.

$$n = kM.$$

Numărul de rotații N al discului, care determină mărimea măsurată într-un timp t, este dat de expresia :

$$N = \int_0^t n\,dt = k\int_0^t M\,dt \qquad (a)$$

Dacă un wattmetru măsoară o anumită putere activă P, sau reactivă Q, înseamnă că $M = P$ respectiv $M = Q$ (se consideră factorul de proporționalitate unitar). În aceste cazuri contorul conectat în același mod ca și wattmetrul considerat va măsura conform relației (*a*) mărimile

$$\int_0^t P\,dt \quad (b) \quad \text{respectiv} \quad \int_0^t Q\,dt \quad (c)$$

care reprezintă energia activă respectiv energia reactivă respectivă. Aceasta ne conduce la concluzia că o schemă cu wattmetre valabile pentru măsurarea puterii reactive sau a puterii active, este valabilă cu contoare pentru măsurarea energiei reactive respectiv a energiei active.

Anexa 2. Justificarea relației (1)

Indicația W a unui wattmetru este proporțională cu cuplul său activ și acest cuplu activ este la rîndul său proporțional cu mărimea $UI\cos\varphi$, unde U și I sînt valoarea efectivă a tensiunii sinusoidale, respectiv a curentului sinusoidal cu care se alimentează wattmetrul (fig. 1), iar φ este defazajul dintre aceste mărimi.

Utilizăm pentru tensiune și curent expresiile în formă complexă

$$\underline{U} = Ue^{j\gamma} \quad \text{și} \quad \underline{I} = Ie^{+j(\gamma-\varphi)}$$

Mărimea $\overset{*}{I}$ reprezintă valoarea complexă conjugată a mărimii $\underline{I}$ și este prin definiție

$$\overset{*}{I} = Ie^{-j(\gamma-\varphi)}$$

Folosind aceste mărimi și făcînd abstracție de factorii de proporționalitate, obținem:

$$W = UI\cos\varphi = \mathrm{Re}\,[UI\cos\varphi + jUI\sin\varphi] = \mathrm{Re}[UI\,e^{j\varphi}] =$$

$$= \mathrm{Re}\,[Ue^{j\gamma}\,Ie^{-j(\gamma-\varphi)}] = Re[\overline{U}\overset{*}{\overline{I}}] \qquad (d)$$

ceea ce justifică expresia (1) din articol.

Anexa 3. **Obținerea expresiilor (8)**

Pentru a obține expresiile (8) pornim de la exprimarea tensiunilor de linie în funcție de componentele simetrice ale tensiunilor de fază:

$$\overline{U}_{12}=\overline{U}_1-\overline{U}_2=(\overline{U}_0+\overline{U}_d+\overline{U}_i)-(\overline{U}_0+a^2\overline{U}_d+a\overline{U}_i)=$$

$$=(a^2-a)(a\overline{U}_d-a^2\overline{U}_i)=-\sqrt{3}\,j(a\overline{U}_d-a^2\overline{U}_i)$$

$$\overline{U}_{23}=\overline{U}_2-\overline{U}_3=(\overline{U}_0+a^2\overline{U}_d+a\overline{U}_i)-(\overline{U}_0+a\overline{U}_d+a^2\overline{U}_i)=$$

$$=(a^2-a)(\overline{U}_d-\overline{U}_i)=-\sqrt{3}\,j(\overline{U}_d-\overline{U}_i) \qquad (e)$$

$$\overline{U}_{31}=\overline{U}_3-\overline{U}_1=(\overline{U}_0+a\overline{U}_d+a^2\overline{U}_i)-(\overline{U}_0+\overline{U}_d+\overline{U}_i)=$$

$$=(a^2-a)(a^2\overline{U}_d-a\overline{U}_i)=-\sqrt{3}\,j(a^2\overline{U}_d-a\overline{U}_i).$$

Valorile complexe conjugate ale curenților de linie sînt:

$$\overset{*}{\overline{I}}_1=\overset{*}{\overline{I}}_d+\overset{*}{\overline{I}}_i \qquad \overset{*}{\overline{I}}_2=a\overset{*}{\overline{I}}_d+a^2\overset{*}{\overline{I}}_i \qquad \overset{*}{\overline{I}}_3=a^2\overset{*}{\overline{I}}_d+a\overset{*}{\overline{I}}_i \qquad (f)$$

Observațiuni: În expresiile de mai sus nu intervine componenta omopolară, deoarece am presupus că avem o rețea fără fir neutru iar în acest caz

$$\overline{I}_0=\frac{1}{3}(\overline{I}_1+\overline{I}_2+\overline{I}_3)=0$$

La scrierea relațiilor (*f*) am ținut seama de relația

$$a=e^{j\frac{2\pi}{3}} \qquad \overset{*}{a}=e^{-j\frac{2\pi}{3}}=a^2; \qquad a^2=\overset{*}{(e^{-j\frac{2\pi}{3}})}=e^{j\frac{2\pi}{3}}=a$$

Pe baza relațiilor (*e*) și (*f*) rezultă:

$$\overline{U}_{12}\overset{*}{\overline{I}}_3=-\sqrt{3}\,j(\overline{U}_d\overset{*}{\overline{I}}_d-\overline{U}_i\overset{*}{\overline{I}}_i+a^2\overline{U}_d\overset{*}{\overline{I}}_i-a\overline{U}_i\overset{*}{\overline{I}}_d)$$

$$\overline{U}_{23}\overset{*}{\overline{I}}_1=-\sqrt{3}\,j(\overline{U}_d\overset{*}{\overline{I}}_d-\overline{U}_i\overset{*}{\overline{I}}_i+\overline{U}_d\overset{*}{\overline{I}}_i-\overline{U}_i\overset{*}{\overline{I}}_d) \qquad (g)$$

$$\overline{U}_{31}\overset{*}{\overline{I}}_2=-\sqrt{3}\,j(\overline{U}_d\overset{*}{\overline{I}}_d-\overline{U}_i\overset{*}{\overline{I}}_i+a\overline{U}_d\overset{*}{\overline{I}}_i-a^2\overline{U}_i\overset{*}{\overline{I}}_d)$$

$$\overline{U}_{12}\overset{*}{\overline{I}}_1=-\sqrt{3}\,j(a\overline{U}_d\overset{*}{\overline{I}}_d-a^2\overline{U}_i\overset{*}{\overline{I}}_i+a\overline{U}_d\overset{*}{\overline{I}}_i-a^2\overline{U}_i\overset{*}{\overline{I}}_d)$$

$$\overline{U}_{23}\overset{*}{\overline{I}}_3=-\sqrt{3}\,j(a^2\overline{U}_d\overset{*}{\overline{I}}_d-a\overline{U}_i\overset{*}{\overline{I}}_i+a\overline{U}_d\overset{*}{\overline{I}}_i-a^2\overline{U}_i\overset{*}{\overline{I}}_d)$$

Înlocuind pe

$$a=-\frac{1}{2}+j\frac{\sqrt{3}}{2} \text{ și } a^2=-\frac{1}{2}-j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

și folosind notațiile (f) se obține

$$\overline{U}_{12}\overset{*}{\overline{I}}_3=-\sqrt{3}\,j\left[(P_d+jQ_d)-(P_i+jQ_i)+\left(-\frac{1}{2}-j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)(P_{di}+jQ_{di})-\left(-\frac{1}{2}+j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)(P_{id}+jQ_{id})\right]$$

$$\overline{U}_{23}\overset{*}{\overline{I}}_1=-\sqrt{3}\,j\left[(P_d+jQ_d)-(P_i+jQ_i)+(P_{di}+jQ_{di})-(P_{id}+jQ_{id})\right] \qquad (h)$$

$$\overline{U}_{31}\overset{*}{\overline{I}}_2=-\sqrt{3}\,j\left[(P_d+jQ_d)-(P_i+jQ_i)+\left(-\frac{1}{2}+j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)(P_{di}+jQ_{di})-\left(-\frac{1}{2}-j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)(P_{id}+jQ_{id})\right]$$

$$\overline{U}_{12}\overset{*}{\overline{I}}_1=-j\sqrt{3}\left[\left(-\frac{1}{2}+j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)(P_d+jQ_d)-\left(-\frac{1}{2}-j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)(P_i+jQ_i)+\right.$$

$$\left.+\left(-\frac{1}{2}+j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)(P_{di}+jQ_{di})-\left(-\frac{1}{2}-\frac{\sqrt{3}}{2}\right)(P_{id}+jQ_{id})\right]$$

$$\overline{U}_{23}\overset{*}{\overline{I}}_2=-j\sqrt{3}\left[\left(-\frac{1}{2}-j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)(P_d+jQ_d)-\left(-\frac{1}{2}+j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)(P_i+jQ_i)+\right.$$

$$\left.+\left(-\frac{1}{2}+j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)(P_{di}+jQ_{di})-\left(-\frac{1}{2}-\frac{\sqrt{3}}{2}\right)(P_{id}+jQ_{id})\right] \qquad (i)$$

Luînd partea reală a acestor expresii se obțin relațiile (8) și relația:

$$W_{32,3}=-W_{23,3}=-\sqrt{3}\left[-\frac{1}{2}(Q_d-Q_i)-\right.$$

$$\left.-\frac{\sqrt{3}}{2}(P_d+P_i)+\frac{\sqrt{3}}{2}(P_{di}+P_{id})-\frac{1}{2}(Q_{di}-Q_{id})\right] \qquad (j)$$

Anexa 4. **Expresiile puterii active și reactive în funcție de componentele simetrice**

Pentru un circuit trifazat fără fir neutru (fig. 2) complexul puterii totale are expresia

$$\overline{S}=P+jQ=\overline{S}_1+\overline{S}_2+\overline{S}_3$$

unde

$$\overline{S}_1=\overline{U}_1\overset{*}{\overline{I}}_1=\overline{U}_1(\overset{*}{\overline{I}}_0+\overset{*}{\overline{I}}_d+\overset{*}{\overline{I}}_i)$$

$$\overline{S}_2=\overline{U}_2\overset{*}{\overline{I}}_2=\overline{U}_2(\overset{*}{\overline{I}}_0+a\overset{*}{\overline{I}}_d+a^2\overset{*}{\overline{I}}_i)$$

$$\overline{S}_3=\overline{U}_3\overset{*}{\overline{I}}_3=\overline{U}_3(\overset{*}{\overline{I}}_0+a^2\overset{*}{\overline{I}}_d+a\overset{*}{\overline{I}}_i)$$

Adunînd aceste expresii se obține:

$$\overline{S}=(\overline{U}_1+\overline{U}_2+U_3)\overset{*}{\overline{I}}_0+(\overline{U}_1+a\overline{U}_2+$$

$$+a^2\overline{U}_3)\overset{*}{\overline{I}}_d+(\overline{U}_1+a^2\overline{U}_2+a\overline{U}_3)\overset{*}{\overline{I}}_i$$

adică conform relațiilor (5)

$$\overline{S}=3\overline{U}_0\overset{*}{\overline{I}}_0+3\overline{U}_d\overset{*}{\overline{I}}_d+3\overline{U}_i\overset{*}{\overline{I}}_i$$

Observînd că atunci cînd nu există fir neutru $I_0=0$ și folosind relațiile (7) se obține

$$P=3U_dI_d\cos\varphi_d+3U_iI_i\cos\varphi_i=3(P_d+P_i)$$

$$Q=3U_dI_d\sin\varphi_d+3U_iI_i\sin\varphi_i=3(Q_d+Q_i) \qquad (k)$$

Adunînd relațiile corespunzătoare din (8) și (j) se obțin relațiile (10 și (11).

Anexa 5. **Expresiile tensiunilor de fază obținute cu ajutorul unui punct neutru artificial**

Tensiunile de fază obținute prin realizarea unui punct neutru artificial format din 3 impedanțe egale z, nu au componentă omopolară. Într-adevăr, căderile de tensiune pentru cele trei impedanțe cu care se formează punctul nuetru artificial sînt:

$$\overline{U}_{1_0}=\bar{z}\,\bar{I}_1'; \qquad \overline{U}_{2_0}=\bar{z}\,\bar{I}_2'; \qquad \overline{U}_{3_0}=\bar{z}\,\bar{I}_3'.$$

Componenta lor omopolară este :

$$\bar{U}_{0_0} = \frac{1}{3}\left(\bar{z}\bar{I}_1' + \bar{z}\bar{I}_2' + \bar{z}\bar{I}_3'\right) = \bar{z}\,\frac{1}{3}\left(\bar{I}_1' + \bar{I}_2' + \bar{I}_3'\right) = 0$$

deoarece, aplicînd legea I-a a lui Kirchhoff, în punctul neutru artificial se obţine :

$$\bar{I}_1' + \bar{I}_2' + \bar{I}_3' = 0.$$

Anexa 6. **Deducerea expresiilor din tabela 1**

$$\bar{A} = \bar{U}_{12}\overset{*}{\bar{I}}_3 + \bar{U}_{23}\overset{*}{\bar{I}}_1 + \bar{U}_{31}\overset{*}{\bar{I}}_2 = -(\bar{U}_{23} + \bar{U}_{31})\overset{*}{\bar{I}}_3 -$$

$$-(\bar{U}_{31} + \bar{U}_{12})\overset{*}{\bar{I}}_1 + \bar{U}_{31}\overset{*}{\bar{I}}_2 = -\bar{U}_{12}\overset{*}{\bar{I}}_1 - \bar{U}_{23}\overset{*}{\bar{I}}_3 - \bar{U}_{31}(\overset{*}{\bar{I}}_1 +$$

$$+\overset{*}{\bar{I}}_3) + \bar{U}_{31}\overset{*}{\bar{I}}_2 = \bar{U}_{21}\overset{*}{\bar{I}}_2 + \bar{U}_{32}\overset{*}{\bar{I}}_3 + 2\bar{U}_{31}\overset{*}{\bar{I}}_2$$

(relaţia 2 tabela 1)

$$\bar{A} = \bar{U}_{12}\overset{*}{\bar{I}}_3 + \bar{U}_{23}\overset{*}{\bar{I}}_1 + (-\bar{U}_{12} - \bar{U}_{23})\overset{*}{\bar{I}}_2 =$$

$$= \bar{U}_{12}(\overset{*}{\bar{I}}_3 - \overset{*}{\bar{I}}_2) + \bar{U}_{23}(\overset{*}{\bar{I}}_1 - \overset{*}{\bar{I}}_2)$$

(relaţia 3 tabela 1).

Bibliografie

[1] *Goriunov, P. N.* ş. a.: Contoare electrice, Ed.Energ. Stat., Bucureşti, 1954.

[2] *Andronescu, Pl.*: Curs de măsuri electrice, Inst. Politehnic Timişoara, 1947.

[3] *Andronescu, Pl.*: Erorile de conectare la măsurarea energiei reactive pentru circuite trifazate simetrice în regim sinusoidal, Electrotehnica (1956)5, p.199–204.

[4] *Skirl, W.*: Elektrische Messungen. W. de Gruyter, Berlin, 1936.

[5] *Fränkel, D.*: Folosirea metodei componentelor simetrice la măsurarea puterii respectiv energiei active şi reactive în sisteme trifazate cu trei conductori, Electrotehnica, III (1955) 2–3, p. 51–59.

[6] *Fränkel, D.*: Scheme de conexiuni ale wattmetrelorobisnuite, pentru măsurarea puterii active respectiv reactive, în sisteme trifazate cu conductor neutru. Electrotehnica IV (1956)2, p. 56–60.

NOTE

Regimul aperiodic critic în circuitul serie RLC

Ing. FL. STĂNCIULESCU

CZ.538. 512

Presupunem dat un circuit serie *RLC*, căruia i se aplică treapta unitară de tensiune, adică : $U = E.1$.

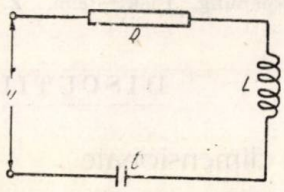


Fig. 1. Circuitul serie *RLC*.

Atunci ecuaţia integro-diferenţială a sistemului [1], [2] :

$$Ri + L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} + \frac{1}{C}\int_0^t i\,.\,\mathrm{d}t = E \qquad (1)$$

care se mai scrie şi :

$$\frac{\mathrm{d}^2 i}{\mathrm{d}t^2} + \frac{R}{L}\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} + \frac{1}{CL}i = 0 \qquad (1')$$

conduce la soluţia cunoscută [3] :

$$i = \frac{E}{2L\,\mathrm{j}\,\omega_0}\left[\mathrm{e}^{(-\delta + \mathrm{j}\omega_0)t} - \mathrm{e}^{(-\delta - \mathrm{j}\omega_0)t}\right] \qquad (2)$$

unde :

$\delta = \dfrac{R}{2L}$, factorul de amortizare al circuitului ;

$\omega_0 = \sqrt{\dfrac{1}{LC} - \dfrac{R^2}{4L^2}}$ pulsaţia oscilaţiei proprii a circuitului. Cazuri posibile :

$\omega_0^2 < 0 \rightarrow$ regim aperiodic

$\omega_0^2 > 0 \rightarrow$ regim oscilant

$\omega_0^2 = 0 \rightarrow$ regim critic.

Observăm că putem considera pe ω_0 ca un parametru variabil şi deci studia variaţia lui i cu ω_0.

Pentru aceasta este necesar a lua prima derivată a lui i în raport cu acel parametru, ceea ce conduce la :

$$\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}\omega_0} = \frac{E}{2L\mathrm{j}\omega_0^2}\,\mathrm{e}^{-\delta t}\left[(\mathrm{j}t\omega_0 - 1)\,\mathrm{e}^{\mathrm{j}\omega_0 t} + (\mathrm{j}t\omega_0 + 1)\,\mathrm{e}^{-\mathrm{j}\omega_0 t}\right].$$

Anularea acesteia conduce la :

$$(\mathrm{j}t\omega_0 - 1)\,\mathrm{e}^{\mathrm{j}\omega_0 t} + (\mathrm{j}t\omega_0 + 1)\,\mathrm{e}^{-\mathrm{j}\omega_0 t} = 0$$

$$\mathrm{e}^{2\mathrm{j}\omega_0 t} = \frac{1 + \mathrm{j}t\omega_0}{1 - \mathrm{j}t\omega_0}$$

rezultă :

$$\omega_0 = \frac{1}{2\,\mathrm{j}t}\,\ln\frac{1 + \mathrm{j}t\,\omega_0}{1 - \mathrm{j}t\,\omega_0} \qquad (3)$$

a cărei soluţie este evident :

$$\omega_0 = 0 \qquad (4)$$

ceea ce ne conduce la cazul critic, sus amintit. Se poate deci afirma că această condiţie atrage după sine un caz special de rezonanţă a regimului aperiodic, cînd curentul este maxim.

Determinarea curentului critic maxim. Introducînd pe $\omega_0 = 0$, în ecuaţia (2), se observă imediat că aceasta conduce la forma :

$$i_{(\omega_0 = 0)} = \frac{0}{0}.$$

Ridicarea acestei nedeterminări ne dă (după l'Hôpital)

$$\lim_{\omega_0 \to 0} i = \lim_{\omega_0 \to 0}\frac{E\left[\mathrm{j}t\mathrm{e}^{(-\delta + \mathrm{j}\omega_0)t} + \mathrm{j}t\mathrm{e}^{(-\delta - \mathrm{j}\omega_0)t}\right]}{2L\,\mathrm{j}} =$$

$$= \frac{E\;2\mathrm{j}te^{-\delta t}}{2L\,\mathrm{j}} = \frac{Ete^{-\delta t}}{L} \qquad (5)$$

Timpul de maxim. Derivata de ordinul 1 fiind :

$$\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} = \frac{E.\mathrm{e}^{-\delta t}}{L}\left[-\delta t + 1\right]$$

anularea ei conduce la :

$$t_1 = \frac{1}{\delta} \qquad (6)$$

Curentul maxim. Introducînd pe t_1 în (5)

$$i_{max} = \frac{E\,\dfrac{1}{\delta}\,\mathrm{e}^{-1}}{L} = \frac{E}{\mathrm{e}\,\delta\,L}$$

şi cum : $\delta = \dfrac{R}{2L}$, rezultă :

$$i_{max} = \frac{2E}{\mathrm{e}R} \qquad (7)$$

Verificare. Expresia (7) obţinută mai sus poate fi verificată astfel : aflăm maximul lui i în funcţie de t făcînd în (2)

$$\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} = \frac{E}{2L\mathrm{j}\omega_0}\Big[(-\delta +$$

$$+\,\mathrm{j}\omega_0)\,\mathrm{e}^{(-\delta + \mathrm{j}\omega_0)t} - (-\delta - \mathrm{j}\omega_0)\,\mathrm{e}^{(-\delta - \mathrm{j}\omega_0)t}\Big].$$

Anularea acesteia conduce la :

$$\mathrm{e}^{2\mathrm{j}\omega_0 t_1} = \frac{\delta + \mathrm{j}\,\omega_0}{\delta - \mathrm{j}\,\omega_0}$$

sau la

$$t_1 = \frac{1}{2\,\mathrm{j}\,\omega_0}\,L\,\frac{\delta + \mathrm{j}\,\omega_0}{\delta - \mathrm{j}\,\omega_0}. \qquad (8)$$

La limita adică atunci cînd $\omega_0 \to 0$, $\lim_{\omega_0 \to 0} I_1 = \frac{0}{0}$

şi ridicînd nederterminarea :

$$\lim_{\omega_0 \to 0} I_1 = \lim_{\omega_0 \to 0} \frac{\frac{\delta - j\omega_0}{\delta + j\omega_0} \cdot \frac{j(\delta - j\omega_0) + j(\delta - j\omega_0)}{(\delta - j\omega_0)^2}}{2j} =$$

$$= \lim_{\omega_0 \to 0} \frac{2j}{2j(\delta + j\omega_0)} = \frac{1}{\delta} \qquad (9)$$

Introducerea acestei expresii în aceea a curentului conduce evident la :

$$i_{max} = \frac{E}{e\,\delta\,L} = \frac{2E}{eR}.$$

Discuţie : Expresia (5) :

$$i = \frac{E}{L}\, te^{-\delta t} = K \cdot i_1 i_2$$

reprezintă ecuaţia unei unde de impuls, a cărei alură este cea din fig. 2.

Aplicaţii. Rezultatele găsite pot primi o semnificaţie fizică importantă, dacă ne gîndim că ω_0 este o pulsaţie şi că anularea ei conduce la o valoare maximă pentru curent. Este un caz special de rezonanţă a circuitului serie *RLC* în regim aperiodic.

Valabilitatea acestor rezultate este aceeaşi pentru orice circuit serie *RLC*, dar în mod special ele interesează studiul generatorilor de impuls, a căror unde generate sînt de forma (2) şi care cer uneori curenţi foarte mari, ceea ce ne face să ne gîndim la funcţionarea lor în regim critic.

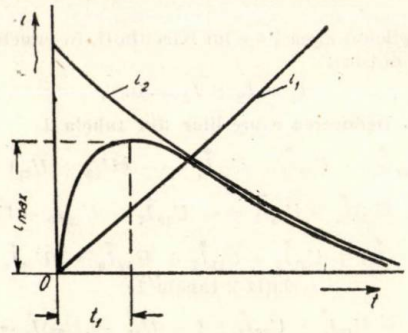


Fig. 2. Reprezentarea grafică a unei unde de impuls.

Bibliografie

[1] *Goldman, S.* : Transformation calculus and electrical transients. Prentice-Hall, Inc., New-York, 1950.
[2] *Bewley, L. V.* : Traveling waves on transmision system. J. Wiley, New-York, 1933.
[3] *Antoniu, I. S.* : Chestiuni speciale de electrotehnică Ed. Academiei R. P. R., Bucureşti, 1956.
[4] *Kostenko, N. E.* : Atmosfernîe pereprajenia i grozozazcita viscovoltnîh ustanova. Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad, 194S.
[5] *Marguere, W.* : Die berechnung des Stosskreises fur eine gegebene Form der Stosspanung. Elektrotehn. Z. (ETZ) 60 (1939), 837.

DISCUŢII

Asupra articolului „Consideraţii asupra unor maşini electrice dimensionate la limita de încălzire"*)

CZ.621.313.017.71

După cum s-a arătat în articolul discutat, paralel cu utilizarea materialelor pentru construcţia maşinilor electrice cît mai economice, deci cît mai aproape de limita de încălzire admisibilă, apar o serie de probleme în legătură cu interpretarea corectă a standardelor, a condiţiilor de încercare şi timbrare a maşinilor.

Aceste interpretări sînt posibile datorită faptului că unele standarde, cum este de exemplu STAS 1893—50, nu sînt suficient de clare în special în ceea ce priveşte condiţiile de recepţie ale maşinilor şi metodelor de încercări. Fără a menţiona toate lipsurile pe care le prezintă acest standard, articolul de faţă neavînd acest scop, vom aminti numai cîteva pe care le considerăm cauza tuturor confuziilor şi interpretărilor care au loc în fabricile constructoare de maşini electrice şi care au reieşit din articolul citat, şi anume :

1. La cap. IX, par. 99, STAS 1893—50 se precizează că : „Încercările de control reprezintă numai o parte din încercările de tip şi care au ca scop să verifice dacă maşina îndeplineşte condiţiile respective ale standardului sau caietului de sarcini după care a fost construită".

Datorită acestei definiţii se poate considera, după cum a făcut şi autorul articolului, că oricare maşină din serie, pentru a fi recepţionată trebuie să satisfacă numai condiţiile tehnice verificate prin probele de control, neexistînd obligaţia ca ea să poată suporta în bune condiţii şi probele de tip.

În acest sens GOST 183—50 par. 37 este foarte clar şi precizează că „încercările de control... au ca scop stabilirea satisfacerii de către maşină a cerinţelor standardului conform căruia a fost construită", fără a menţiona cerinţele „respective".

2. STAS 1893—50 nu face nici un fel de deosebire între caracteristicile înscrise pe plăcuţa indicatoare care determină „regimul nominal" şi datorită acestui fapt apar discuţii de cum trebuie efectuată proba de încălzire la probă de tip în cazul motoarelor; încărcînd motorul la curentul de pe plăcuţa indicatoare sau la puterea nominală în cazul în care motorul are un randament diferit de cel care rezultă din datele plăcuţei indicatoare.

Considerăm că autorul articolului, datorită celor de mai sus a putut ajunge prin deducţii logice la unele concluzii pe care nu le considerăm acceptabile pentru asigurarea unei calităţi corespunzătoare a seriilor de maşini şi care contrazic chiar unele puncte clare din STAS 1893—50, şi anume :

a. Acceptarea pentru o parte din maşinile din fabricaţia de serie ca limita de temperaturi rigid impusă în STAS să poată fi depăşită cu 1—4°C.

b. Acceptarea unui produs din serie care nu corespunde probei de încălzire la probă de tip şi recomandarea ca proba de tip să se facă pe una din maşinile care corespund, de asemenea necesitatea cercetării unui număr mai mare de maşini pentru a găsi una la care încălzirile să se încadreze în limită.

c. Recomandarea ca proba de încălzire ca proba de tip să se facă punînd maşina în condiţiile cele mai defavorabile de curent sau de putere.

Întregul articol neglijează complet rolul prototipului în verificarea datelor de calcul pe de o parte şi a condiţiilor contractuale pe de altă parte, pentru a se asigura seria de maşini de o calitate în limitele toleranţelor admise de norme. Datorită acestui fapt problemele care trebuie clarificate pe prototip ajung să fie discutate pe serii de maşini în curs de fabricaţie cînd retimbrarea maşinilor este o problemă tot atît de greu de rezolvat ca şi selecţionarea maşinilor pentru a se prezenta la omologare.

Faţă de cele de mai sus găsim necesar a ridica în continuare unele probleme expunînd un punct de vedere menit a asigura o fabricaţie de maşini electrice riguros în limitele impuse de norme.

*) V. Bunea : Electrotehnica, IV (1956) 2, pag. 61—64.

I. Maşina prototip este aceea pe care trebuie verificate datele de calcul pentru a fi puse în concordanţă cu condiţiile contractuale respectiv ale normei interne.

În orice caz caracteristicile obţinute pe prototip trebuie să fie superioare cel mult egale cu acelea din condiţiile contractuale, fără aplicarea toleranţelor, în caz contrar impunîndu-se recalcularea maşinii, fie introducerea unor modificări constructive, abaterile limită admise în norme fiind date pentru fabricaţie, nu corective faţă de calcul. În acest sens normele VDE (ed. 1937) pag. 699, precizează clar că: „Toleranţa este abaterea maximă a valorii impuse faţă de valorile garantate după definiţiile acestor reguli. Ea trebuie să acopere neuniformităţile de neevitat în calitatea materialelor, nepreciziile de fabricaţie şi erorile de măsură".

Este clar că referindu-ne la unul din exemplele citate în articolul menţionat un transformator prototip la care se obţine o tensiune de scurtcircuit pe limita inferioară admisă nu poate fi considerat corespunzător pentru asigurarea calităţii seriei, deşi un produs din seria curentă în această situaţie este admisibil.

Supratemperaturile înfăşurărilor obţinute pentru regimul nominal sînt necesar să fie inferioare valorii limită cu 5—10°C pentru ca seria căreia i se admit abaterile limită în ipoteza în care ele există simultan să se poată încadra în valoarea rigid impusă de norme pentru supratemperatura înfăşurărilor.

II. Proba de încălzire ca probă de tip trebuie efectuată încărcînd maşina (motor sau generator) la puterea utilă impusă în norma internă şi numai în cazul în care randamentul real al motorului coincide ca valoare cu acela garantat, curentul absorbit va corespunde cu acela de pe plăcuţa indicatoare.

Încercarea la puterea utilă în cazul motoarelor nu impune măsurarea prealabilă a randamentului, probă dificilă după cum se arată în articol deoarece din încercările de control se poate predetermina foarte simplu şi cu suficientă aproximaţie, puterea utilă atît în cazul motoarelor asincrone, sincrone sau de curent continuu.

1. În cazul în care randamentul real este inferior aceluia rezultat din datele de pe plăcuţa indicatoare dar în limite, a încărca maşina la valoarea curentului indicat ştiind că curentul real absorbit de motor pentru a dezvolta la arbore puterea utilă impusă va fi mai mare revine la a efectua proba de încălzire la o putere inferioară celei nominale lucru inadmisibil.

2. În cazul în care randamentul real este superior aceluia rezultat din datele de pe plăcuţa indicatoare, a încărca maşina la valoarea curentului indicat revine la a efectua proba de încălzire la o putere superioară celei nominale (suprasarcină) supratemperaturile obţinute în cazul unui motor pe limită putînd depăşi valorile admise, motorul neavînd obligaţia a suporta la regimul normal această suprasarcină. Dacă în aceste condiţii valorile încălzirii sînt în limite nu se poate trage concluzia din exemplul citat în articol, motorul de 5 kW, că ar fi necesar să se timbreze motorul la puterea respectivă deoarece aceasta este impusă în norma internă, şi motorul este supradimensionat avînd o rezervă de putere.

3. În sfîrşit, cazul cel mai important şi frecvent este acela în care randamentul motorului este inferior aceluia rezultat din datele de pe plăcuţa indicatoare iar încălzirea este în jurul valorii impusă în normă şi foarte apropiată ca valoare, în asemenea ocazii apar interpretări diferite ale standardului insuficient de precis.

Valoarea curentului trecută pe plăcuţa indicatoare în cazul motoarelor, dă un indiciu numai asupra randamentului maşinii, nici de cum asupra puterii utile pentru mici variaţii ale puterii utile în jurul valorii nominale, randamentul rămînînd aproape constant.

Şi în această privinţă VDE (ed. 1937, par . 697) este mult mai explicit decît STAS 1893—50 şi precizează că „Valoarea curentului se poate rotunji (deoarece nu din ea rezultă puterea maşinii). Datele asupra curentului la motoare, generatoare asincrone şi comutatrice sînt aproximative".

Rezultă dar, că recomandarea din articolul menţionat ca proba de încălzire, o probă de tip, să se facă punînd maşina în condiţiile cele mai defavorabile de curent sau de putere nu are o bază logică, puterea la bornele generatoarelor sau la arborele motoarelor reprezentînd efectul util al transformării energiei în maşina electrică.

Ing. Gh. Bogdănescu

Răspuns

În obiecţiile sale, ing. Gh. Bogdănescu priveşte lucrurile mult exagerat, situîndu-se prea rigid pe poziţia controlului, respectiv a inspecţiei platformei de încercare.

În acest fel se explică de ce D-sa preferă să facă propuneri de complicare a actualelor probe de control, în loc de a examina latura simplificării acestora.

Înainte de a trece la o analiză critică a observaţiilor voi sublinia faptul că D-sa este de acord cu subsemnatul în afirmaţia că STAS 1893—50 nu este clar în anumite puncte. Socotesc acest acord foarte util, impunîndu-se o discuţie mai generală a problemelor respective.

Trebuie de la început arătat că D-sa consideră că raţionamentele subsemnatului sînt logice, avînd însă deficienţe ce duc la unele concluzii care pot fi interpretate ca fiind contraveniente STAS-ului. Este foarte uşor însă a se vedea că aceste concluzii pot fi şi astfel interpretate încît nu contravin deloc STAS-ului. Înainte de toate, este important să nu se piardă din vedere aspectul convenţional al multor puncte din standarde, cum ar fi limitele de încălzire şi legat de aceasta caracterul cu totul formal al problemelor ridicate aici. Numai aşa vom putea înţelege în mod just cele ce urmează.

Situîndu-se rigid pe poziţia inspecţiei de control, nu se spune nimic despre unele aspecte deosebit de importante care reies din articolul subsemnatului şi al căror caracter real este evident.

Astfel am arătat că faptul că un număr de maşini din fabricaţie de serie pot depăşi limita de încălzire cu 1—4°C nu are nici o importanţă pentru perfecta funcţionare a maşinii şi nici pentru viaţa ei. Autorul observaţiilor nu poate obiecta în fond, decît faptul că supratemperatura de 69°C este supărătoare pentru o maşină electrică, în timp ce 65°C este o supratemperatură convenabilă.

Standardul britanic prevede, că încălzirea limită admisibilă pentru clasa A, 40°C, standardul german VDE 60°C, STAS şi GOST 65°C. În aceste condiţii se vede că problema admiterii unei supratemperaturi limită este foarte elastică şi în nici un caz depăşirea cu puţin a unei anumite supratemperaturi nu poate fi considerată drept catastrofală. Este just că din toate standardele STAS-ul admite cea mai mare încălzire. Nu se obiectează însă acest fapt care ar fi fost o realitate importantă, raţionamentul D-sale fiind unanim valabil, ceea ce demonstrează caracterul pur formal al obiecţiunii. Subsemnatul prevăzînd eventualitatea unei astfel de obiecţiuni, justificată numai prin aceea că STAS-ul admite cea mai mare încălzire, am arătat că sînt de acord să se ia în discuţie o scădere a actualelor supratemperaturi admise de STAS.

Posibilitatea că unele maşini electrice din serie să aibă încălzirea cu 1—4°C mai mare decît cea admisă, decurge şi din faptul că STAS-ul permite ca să se facă la maşinile din serie numai probe de control. Teoretic vorbind, niciodată nişte probe reduse nu vor putea înlocui probele complete de tip. STAS-ul 1893—50 explică destul de confuz menirea probelor de control (pct. 99). Din această cauză este util a arăta cum explică standardul britanic aceste probe (B. S.168 din 1936 completat la 2 noiembrie 1945).

„Încercările reduse (de control n.r.) sînt încercările care se fac pe o maşină identică din punct de vedere al caracteristicilor nominale şi al construcţiei cu maşina tip, pentru a se asigura că *maşina este sănătoasă din punct de vedere electric şi mecanic şi că este în condiţii de bună funcţionare*".

Standardul britanic nu afirmă nicăieri în mod expres că pentru limitele de încălzire nu se admite nici o toleranţă, aşa cum face STAS-ul 1893—50 la pct.57. Aceasta, cît şi definiţia încercărilor de control, înlătură în cazul standardului britanic posibilitatea de a ne situa pe poziţia de a respinge o maşină electrică din seria curentă, care a corespuns la probele de control şi care supusă la o probă de tip va manifesta 1—4°C încălzire în plus. Dacă buletinele de încercări efectuate în conformitate cu probele de control dovedesc că maşina este bună, maşina trebuie şi poate fi livrată. Unde se contravine STAS-ului 1893—50, care nu obligă la alte

probe suplimentare, necum la probele de tip? Iată deci un raţionament just, care arată cu nu se contravine STAS-ului nici măcar formal. Sînt însă de părere că este preferabil în locul unui raţionament de interpretare, ca STAS-ul să fie modificat în sensul clarificării.

Analizînd în continuare articolul cu observaţiile efectuate, menţionez că propunerile D-sale nu reies clar, ele fiind diluate în raţionamente, care caută să combată cele arătate de subsemnatul în articolul discutat. Din acest motiv voi repeta aici cele ce propune în esenţă autorul observaţiilor :

a) Proba de încălzire ca *probă de control* să se execute la absolut toate motoarele electrice din fabricaţia de serie, punînd maşina să funcţioneze în sarcină la puterea nominală la arbore. Se mai explică că acest lucru este foarte uşor de făcut în mod aproximativ.

b) Pentru a avea siguranţa că o nouă serie de maşini va corespunde în întregime, este necesar şi suficient ca prototipul să aibă la probă, parametri cei mai favorabili. Din punctul de vedere al încălzirii, prototipul trebuie să aibă o încălzire cu 5—10°C sub limita admisibilă. În acest fel se susţine că orice maşină din serie, va corespunde şi probele de control pot da indicaţii sigure, asupra faptului că maşina este livrabilă. În felul acesta orice maşină va corespunde la toate probele de tip, chiar la acelea care nu se execut în probele de control.

Părerea care se manifestă la pct. II nu poate fi corectă şi nici practica nu o confirmă şi se sprijină pe ipoteza că maşina prototip este totdeauna cea mai bine executată şi cu cele mai bune materiale. Acest lucru nu este în general îndeplinit deoarece maşina prototip se execută obişnuit cu scule sumare şi improvizate. Dar chiar dacă aşa ar fi cazul, este suficient 5—10°C ca seria să corespundă în întregime? Punctul de vedere al ing. Gh. Bogdănescu cade dacă se ţine seama şi de faptul că maşina prototip nu poate avea în nici un caz materialele cele mai bune, ci în cazul cel mai fericit, materiale obişnuite. Nu există nici un motiv legal de a se respinge un prototip, pentru motivul că nu este suficient de rece.

Părerea ing. Gh. Bogdănescu duce la concluzia că maşinile trebuie calculate să meargă reci, deoarece este foarte posibil ca prototipul să fie cea mai caldă maşină din serie. Subsemnatul socotesc că părerea D-sale nu poate fi acceptată deoarece nu merge pe linia celei mai mari economii şi nici nu asigură în mod cert calitatea producţiei de serie.

Propunerile făcute în observaţii şi marcate mai sus sub pct. *a*, formează în realitate o propunere de modificare respectiv de explicitare a STAS-ului 1893—50. Sînt de acord că STAS-ul trebuie clarificat, aşa cum s-a arătat şi mai înainte, atît în această problemă cît şi în altele. Nu sînt însă de acord asupra propunerii concrete, pe care D-sa o face şi anume că probele de control de încălzire să se facă punînd motorul să funcţioneze la sarcina utilă la arbore, chiar dacă se susţine că acest lucru este simplu de calculat şi de făcut.

Din acest punct de vedere era necesar să se arate dacă se consideră simple calculele existente şi cunoscute, sau autorul preconizează altele mai simple, în care caz însă acestea nu pot fi luate în consideraţie, decît după publicarea şi acceptarea lor. Asupra calificării calculelor existente, dacă sînt simple sau complicate, părerile vor fi în mod cert diferite. Subsemnatul pot afirma însă, în mod tot aşa de cert, că nici o fabrică nu va fi de acord şi nici accepta într-o fabricaţie de serie, în special de mare serie, ca să se mai introducă în plus la actualele probe de control o serie de operaţii aritmetice, chiar dacă acestea vor fi simple. În realitate, operaţiile sînt mai dificile şi complicaţia propusă nejustificată.

Determinarea cu aproximaţie a randamentului, repetînd expresia autorului, este iarăşi necesar a fi publicat şi acceptat.

Dacă se analizează problema în mod mai real este uşor de văzut că din articolul subsemnatului publicat în Rev. **Electrotehnică** nr. 2/1956 a reieşit o soluţie mult mai simplă a problemei şi care nu îngreunează cu nimic actuala fabricaţie de serie a motoarelor electrice. Această soluţie este pur şi simplu coborîrea actualelor limite de încălzire admise. Aceasta însă numai în cazul cînd majoritatea va fi de acord că 65°C este prea mult, pentru a ne permite la unele motoare o depăşire de 1—4°C, în cazul contrar nu.

În încheiere consider că discuţiile purtate, arată că problemele tehnico-economice ridică chestiuni delicate şi situaţia avansată a industriei noastre pune din ce în ce mai mult asemenea probleme.

Ing. **V. Bunea**

REFERATE

Maşini electrice

C.Z. 621.313(09)

Progrese şi studii în domeniul maşinilor electrice [După *L. D. Anscombe*: J. Instn. electr. Engrs. 15 (1956), p. 138—143.]

Se combate ideea că maşinile electrice nu constituie un domeniu apt pentru cercetări şi progrese. Materialele noi cît şi metodele tehnice moderne ridică permanent probleme noi. Există unele probleme care nu necesită înalte studii teoretice, dar, pe baza experienţei acumulate, cer un răspuns imediat : maşini noi pentru care nu se pot construi nici prototipuri, nici modele. Spre deosebire de acestea sînt problemele de cercetări pe termen lung care se pot divide în mai multe grupe :

Cercetări teoretice : aplicarea analizei tensoriale la maşini ; teoria maşinii sincrone ; pierderi prin curenţi paraziţi ; pierderi suplimentare în înfăşurările polilor ; armonicele în undele de tensiune etc.

Cercetări practice : înlocuirea colectorilor obişnuiţi prin colectori de tip Pollock, în prezent experimentaţi în exploatare ; numeroase probleme de construcţie a hidrogeneratoarelor.

Materiale noi : introducerea pe scară largă a oţelurilor speciale şi a aliajelor uşoare pentru echipamentul avioanelor ; studiul permeabilităţii şi ductilităţii tablei electrotehnice cu pierderi reduse ; calcule economice în legătură cu oportunitatea utilizării tablei laminate la rece la anumite maşini ; studiul şi introducerea materialelor electroizolante noi.

Aspectului exterior al maşinilor i se pot aduce multe îmbunătăţiri şi modernizări.

Pierderile în maşini se pot reduce printr-o proiectarea judicioasă a părţii magnetice şi a dinţilor precum şi a capetelor de bobină. *I. C.*

C.Z. 621.313.226.3

Studiul experimental al proprietăţilor dinamice ale amplidinei şi determinarea parametrilor săi [După *E. L. Ettinger* şi *I. R. Reinold* : Electricestvo, 76 (1956) 3, p. 13—22.]

În articol este redată metoda şi rezultatele experimentale folosite pentru stabilirea proprietăţilor dinamice ale amplidinei. Cercetările s-au efectuat pentru cazul funcţionării amplidinei pe porţiunea liniară a curbei de magnetizare, în calitate de excitatoare a generatorului. Caracteristicile de frecvenţă trasate au permis constatarea influenţei reacţiilor interne, inducţiei mutuale, gradului de compensaţie şi sarcinii asupra proprietăţilor dinamice ale amplidinei. Pe baza caracteristicii experimentale de frecvenţă se pot determina cu mare precizie şi rapiditate, toţi parametrii de bază ai amplidinei : constantele de timp şi factorii de amplificare, precum şi coeficienţii de reacţie în sarcină şi la mersul în gol. Determinarea parametrilor amplidinei pe cale experimentală permite simplificarea funcţiei de transfer, deoarece în acest caz, după calcularea ecuaţiilor diferenţiale nu este necesar să fie distinşi factorii care produc acelaşi efect dinamic. Aceeaşi metodă a caracteristicilor experimentale de frecvenţă se poate folosi de asemenea cu succes pentru studierea proprietăţilor dinamice şi a funcţiilor de transfer ale altor elemente de automatizare ca : transformatoare, stabilizatoare, generatoare, motoare, amplificatori magnetici etc. *S.S.*

C.Z. 621.313.042.2 :621.944.323

Experienţe asupra utilizării tolelor laminate la rece în maşini electrice [După *D. V. Lokşin* şi *Z. B. Neiman* : Electricestvo, 76(1956), 5, p. 46—50,]

În articol se arată avantajele tolelor din oţel electrotehnic laminat la rece, faţă de aliajele laminate la cald.

Aceste avantaje sînt următoarele : 1. Se ştanţează cu mult mai bine. 2. Asigură un coeficient de umplere al tolelor

mult mai bun. 3. Deşi prezintă anizotropie mai pronunţată decît oţelul laminat la cald, de multe ori în funcţie de direcţia fluxului magnetic faţă de sensul de laminare se obţin pierderi electrice mai reduse. Aşadar eficienţa utilizării tolelor laminate la rece pentru maşini electrice mari depinde de factorii constructivi care determină forma segmentelor statorice. 4. Un alt mare avantaj al oţelului electrotehnic laminat la rece îl constituie suprafaţa netedă şi grosimea uniformă a tolelor. Astfel, diferenţa admisibilă între grosimea maximă şi minimă a tolei laminate la rece este 0,40 mm pentru grosimea nominală de 0,5 mm, în timp ce pentru tolele laminate la cald se admite 0,08 mm.

Toate aceste considerente caracterizează oţelul laminat la rece ca oţel cu proprietăţi electrice superioare pentru maşini electrice faţă de oţelul laminat la cald. În articol sînt redate tabele şi diagrame comparative pe baza cărora se pot aprecia cantitativ diferenţele între cele două calităţi de oţel pentru toate însuşirile enumerate. *S.S*

Transformatori

C.Z. 621.314.2 :621.015.33

Pătrunderea undelor de supratensiune într-un transformator cuplat cu un alternator [După *B. C. Robinson* : Proc. Instn. electr. Engrs. p. A (1956), 10, p. 341—354.]

Cele mai moderne reţele de transport de energie electrică lucrează la tensiuni de minimum 66 kV şi sînt alimentate de alternatori cuplaţi cu transformatori. Din punctul de vedere al efectului unui trăznet asupra unei staţii, alternatorul şi transformatorul trebuie priviţi ca o unitate. După o scurtă analiză a fenomenelor astfel cum se produc în cazul aplicării unui impuls de tensiune asupra unui transformator cuplat cu un alternator se arată rezultatele confirmate de încercările efectuate asupra a trei unităţi de acest fel. Principalul transfer de tensiune prin transformator are drept cauză cuplajul magnetic între înfăşurări şi provoacă o tensiune oscilantă care se suprapune tensiunii sursei în înfăşurarea de joasă tensiune. În plus, capacitanţa şi inductanţa între înfăşurări provoacă un transfer electromagnetic al tensiunii cu unde călătoare atît în înfăşurările transformatorului, cît şi în cele ale alternatorului. Se indică metode empirice aproximative pentru calculul joasei tensiuni în funcţie de diverşi parametri ai circuitului. Se compară rezultatele calculelor cu cele obţinute prin încercări.

Deoarece în realitate transformatorul şi alternatorul sînt excitaţi la frecvenţa industrială, cînd o undă de supratensiune poate atinge înfăşurările, este necesar să o admitem în evaluarea tensiunii care poate ajunge la bornele alternatorului. În ipoteza că unitatea este protejată contra supratensiunilor prin eclatori sau alte aparate de limitare a tensiunilor la bornele înfăşurării de înaltă tensiune a transformatorului, se face o analiză în vederea aproximării tensiunii maxime ce se poate atinge la bornele alternatorului. Se arată că pentru un anumit caz acesta creşte cu 10 % faţă de tensiunea prevăzută fără a lua în consideraţie excitaţia la frecvenţia industrială *I.C*

Redresori

C. Z. 621.314.634

Redresori cu seleniu pentru tensiuni înalte [După *L. Borg* : ASEA—J. 29 (1956) 1—2, p. 3—10.]

În timp ce generatorii electrostatici (tip van de Graaf) sînt aplicabili numai la tensiuni foarte înalte, redresorii mecanici cu scîntei au o capacitate de încărcare redusă, iar tuburile electronice au un cost al întreţinerii ridicat, redresorii cu seleniu pentru tensiuni înalte au calităţile tuturor acestora, fără să prezinte şi incovenienţele corespunzătoare. Redresorii cu seleniu se pot încărca, în ulei, pînă la 0,5 A, ocupă un spaţiu redus şi au o viaţă lungă. Articolul indică schema de conectare a redresorilor. În cazul conectării în cascadă pentru obţinerea unei tensiuni înalte, la redresorii cu seleniu nu se mai pune problema sursei de alimentare a filamentelor şi mai ales izolarea acesteia la diverse potenţiale ridicate, ca în cazul tuburilor electronice. Ansamblul redresorilor este introdus într-un tub de bachelită, în două construcţii diferite : pentru utilizarea în aer sau în ulei. Se realizează o mare varietate de instalaţii prin conectări între aceste tuburi redresoare. Ca exemple de utilizare se dau : instalaţii de încercare în curent continuu a cablurilor şi condensatorilor instalaţii de alimentare în curent continuu a filtrelor ; electrostatice ; pentru încărcarea condensatorilor generatorilor de impuls de tensiune ; pentru vopsirea pe cale electrostatică.

Un avantaj important al redresorilor cu seleniu îl constituie posibilitatea controlului automat prin amplificatori magnetici. Controlul se poate realiza, fie prin menţinerea constantă a curentului, fie prin menţinerea constantă a curentului şi tensiunii. *I. C.*

Intreruptori

C. Z. 631.316.3

Progrese în construcţia întreruptorilor [După *C. H. Flurscheim* : Proc. Instn. electr. Engrs. p. A. (1956 9, p. 239—262].

Dezvoltarea întreruptorilor din 1945 pînă în prezent, a avut drept scop îmbunătăţirea performanţelor de întrerupere, apreciate prin siguranţa şi viteza de întrerupere la scurtcircuite şi prin prevenirea supratensiunilor provocate de deconectarea unor linii în gol sau cu un curent reactiv mic. De asemenea s-a urmărit reducerea gabaritelor şi a costului aparatelor şi a clădirilor aferente. A fost exploatată în acest scop tehnica întreruperii cu ulei, cu aer şi a ruperilor multiple, cu diverse forme de divizare a tensiunii. În prezent sînt puţine posibilităţi pentru reducerea dimensiunilor unui întreruptor pentru o tensiune dată, dar se întrevede pentru viitor creşterea puteri lor de rupere la un gabarit dat. De altfel aceste valori s-au dublat în ultimul timp . Limita superioară a puterii de rupere a crescut de 7 ori în această perioadă şi nu există limite pentru noi progrese. Este de aşteptat ca puterile de rupere a întreruptorilor să depăşească puterile cerute de reţelele moderne. Se dau detalii de construcţie pentru diverse tipuri de întreruptori însoţite de numeroase desene. Cei mai mari întreruptori decrişi sînt : unipolar în ulei 275 kV — — 7 500 MVA cu o durată totală de rupere de 0,06 s şi unipolar cu suflaj de aer de 275 kV — 7 500 MVA cu o durată totală de rupere de 0,01—0,02 s.

I.C.

Amplificatori

C.Z.621.375.3

Din teoria amplificatorului magnetic ideal [După *I. B. Negneviţchi* şi *D. A. Lipman* : Electricestvo, 76 (1956) 1, p. 8—16]

În stadiul actual al dezvoltării amplificatorilor magnetici în tehnică, se simte nevoia cunoaşterii influenţei diferiţilor parametri asupra caracteristicilor amplificatorului, atît în procesele stabile cît şi în cele tranzitorii.

Problema aceasta poate fi soluţionată cel mai simplu, prin aproximarea curbei de magnetizare a materialului miezului amplificatorului, cu porţiuni rectilinii. În această situaţie posibilitatea aplicării metodei de calcul analitice, permite obţinerea influenţei parametrilor asupra amplificatorului cu o aproximaţie destul de bună faţă de rezultatele experimentale.

În articolul acesta sînt redate bazele teoriei amplificatorului magnetic fără reacţie cu înfăşurările de lucru legate în serie şi cu sarcina pur activă.

Se obţin în felul acesta, caracteristici deduse prin calcul, care sînt apoi reprezentate. Rezultatele obţinute au dat posibilitatea cunoaşterii prin calcul a următorilor parametrii : factorul de amplificare al curentului, factorul de amplificare al puterii, curentul maxim de sarcină, limitele porţiunii liniare a caracteristicii „intrare-ieşire", gradul de stabilizare a curentului de sarcină cu variaţia parametrilor schemei, gradul de nesinusoidalitate a curentului, amplitudinea armonicelor pare etc. *S. S.*

C.Z. 621.375.3

Constanta constructivă a amplificatorilor magnetici [După *S. I. Dunaievski* : Electricestvo, 76 (1956), 2, p. 15—10.]

Majoritatea articolelor apărute în literatura de specialitate, în legătură cu calculul amplificatorilor magnetici

soluționează problema relativ restrînsă, a deducerii parametrilor de ieșire ai amplificatorului magnetic, iar puterea necesară pentru comandă se deduce, de obicei, pe baza unui număr mare de încercări. În cazurile cînd printre datele problemei figurează factorul de amplificare al amplificatorului, devine rațional a se considera printre cunoscutele problemei, puterea de ieșire și puterea de comandă. Această metodă de calcul este redată în articolul de față. Se stabilește pe baza ecuațiilor circuitelor care intră în joc, o relație care indică legătura dintre parametrii constructivi și cei de exploatare, cu alte cuvinte, legătura dintre dimensiunile geometrice și puterile de ieșire și comandă. Se definește cu această ocazie o constantă care depinde de suprafața ferestrei totale a miezului magnetic, de secțiunea fierului, de lungimea medie a spirei înfășurării de comandă și de factorul de umplere. Această constantă poartă numele de constanta amplificatorului.

Calculul amplificatorului se efectuează în două etape. În prima etapă se determină constanta constructivă pe baza căreia se aleg dimensiunile tolelor și pachetului. A doua etapă a calculului constă în determinarea datelor bobinajului. Principalul domeniu de aplicare al acestei metode este calculul amplificatorilor magnetici la care factorul de amplificare este dat.

Metoda este comodă cu deosebire în cazul proiectării unei serii de amplificatori cu anumită gradație a puterilor de ieșire și factorilor de amplificare. *S.S.*

Rețele electrice

C.Z. 621.3.048 (083.13)

Reguli și recomandări pentru coordonarea izolației instalațiilor de curent alternativ la înaltă tensiune [După Bull. Ass. Suisse Electr. (1956) 20, p. 943—951]

În preambul se arată că proiectul conține în plus față de „directivele pentru coordonarea izolației" publicate în 1945 de Comisia Electrotehnică Internațională" (C.E.I.), prescripții esențiale pentru descărcători și eclatori, directive pentru amenajarea instalațiilor cu izolația coordonată și reguli destul de detaliate cu privire la încercările dielectrice la înaltă tensiune de impuls și frecvență industrială a diferitelor materiale.

Modificările cele mai importante aduse de prezentul proiect vechilor reguli ale A.S.E. din 1948 sînt următoarele:

1. În conformitate cu directivele C.E.I. pentru materialele supuse la înaltă tensiune se dă ca obligatorie tensiunea prescrisă la impuls și nu tensiunea 50 % amorsare la impuls.

2. Pentru nivelul de protecție (descărcători și eclatori de protecție) s-au prescris valori puțin mai ridicate decît cele prevăzute de C.E.I.

3. Contrar directivelor C.E.I. s-a menținut posibilitatea să se utilizeze eclatori suplimentari, a căror tensiuni de amorsare au valori cuprinse între valoarea tensiunii prescrise la impuls a materialului și valoarea tensiunii de amorsare și a tensiunii reziduale a descărcătorilor.

4. Pentru încercările dielectrice ale materialului de înaltă tensiune la frecvența industrială s-au adoptat valorile C.E.I.

5. S-a suprimat vechiul grad de izolație II pentru o tensiunea maximă de serviciu pînă la 123 kV.

6. Conform directivelor C.E.I. se prevede că în rețelele a căror neutru este efectiv pus la pămînt se poate utiliza o izolație redusă pentru tensiuni de serviciu mai mari de 100 kV.

În prima parte a proiectului, după ce se arată domeniul de aplicare, scopul regulilor și recomandațiilor și principiul coordonării se definesc noțiunile: tensiunea de serviciu, tensiunea prescrisă (valoarea tensiunii la impuls sau frecvență industrială pe care o poate suporta un aparat, în condiții prescrise, fără să sufere conturnări sau străpungeri), gradația izolației, nivel de izolație, descărcători, eclatori, eclatori de protecție, tensiunea de amorsare, tensiunea reziduală, situații expuse, situații neexpuse, izolament intern și extern, izolament extern pentru materiale de interior și pentru material de exterior, punerea la pămînt efectivă și punerea la pămînt neefectivă a neutrului, izolație plină și izolația redusă. Se dau apoi principiile gradării izolațiilor și gradarea izolațiilor în posturi. Partea doua a proiectului cuprinde reguli pentru rigiditatea dielectrică a materialului de înaltă tensiune (încercări de impuls și la frecvența industrială).

În partea treia și ultima a proiectului se dau recomandări pentru alegerea materialului și pentru stabilirea instalațiilor cu izolament coordonat. *C.P.*

C.Z. 621.316.933.6

Descărcători tubulari tip R.T.V. [După *F. B. Bezrukov*: Electricestvo, 76(1956), 3, p. 45—48.]

Protecția izolației liniilor de înaltă tensiune contra supratensiunilor atmosferice se face, de obicei, cu descărcători tubulari din fibră de bachelită (tip R.T.). În acești descărcători, pentru generarea gazului de stingere se folosește fibră întărită cu hîrtie bachelizată, pentru mărirea rezistenței mecanice. Acești descărcători posedă proprietăți de stingere suficiente însă suferă foarte mult de pe urma conturnărilor. În modul acesta descărcătorii se degradează din an în an pînă la totala lor ieșire din funcție.

În ultimii ani au apărut noi tipuri de descărcători (tip R.T.V.) la care s-a înlocuit fibra de bachelită cu un material plastic pe bază de policlorvinil, elaborat în anul 1949 de chimiștii sovietici. Acest material dezvoltă o cantitate mult mai mare de gaze decît fibra, este un bun izolant și nu suferă prin expunerea sa în aer liber timp îndelungat. Dezavantajul noului tip de descărcător tubular îl constituie conținutul de acid clorhidric în produsele de descompunere ale policlorvinilului, precum și rezistența termică relativ redusă a acestei mase plastice, care impune anumite limite folosirii acesteia. În articol se arată particularitățile constructive, caracteristicile electrice și modul de exploatare al descărcătorilor tip R.T.V. *S.S.*

C.Z. 621.315.673.1 : 621.316.17

Instalații moderne de forță prin distribuții cu bare de racord [După *H. Koch*: AEG—Mitt. (1956) 3—4, p. 104—106.]

Distribuțiile cu bare de racord prezintă avantajul a fi prefabricate și se pretează la o adaptare comodă în orice sistem de distribuție de curent. În comparație cu sistemele actuale de distribuție, care necesită canale de cabluri, distribuția este formată din bare colectoare protejate în canale din tabla și montate pe tavan sau pe un perete în lungul halei, de la care prin cutii conectoare și cablu flexibil se face racordul mașinii unelte. Avantajul sistemului este că în orice moment se poate face o nouă amenajare a unei hale printr-o altă dispoziție a mașinilor unelte fără ca prin aceasta să fie necesară o altă instalație de distribuție. Un alt avantaj este prețul scăzut de proiectare și instalare. Articolul se ocupă de normalizarea acestui fel de distribuție ajungîndu-se la o tipizare în funcție de curenții nominali precum și cu descrierea detaliată a cutiilor de racord. Fotografiile din text redau o imagine a distribuției și adaptarea ei în diferite industrii. *W.L.*

C.Z. 621.316.35 : 621.316.316.362.

Extinderea utilizării repartitoarelor [După *A. Muller*: AEG — Mitt. (1956) 7—8, p. 267—271]

Pînă de curînd repartitorii aveau domeniul de utilizare în laboratoare și platforme de încercări, precum și în laboratoarele institutelor de învățămînt. Datorită îmbunătățirilor tehnice care le-au fost aduse, domeniul lor de utilizare s-a lărgit într-o măsură considerabilă în industrie, cum ar fi la industriile extractive, cuptoare de inducție etc. Repartitorii se construiesc în special pentru tensiuni nominale de 1 000 V și practic pentru intensități pînă la 6 000 A. Pentru o exploatare economică a materialului conductor s-a ajuns la trei construcții tipizate care depind de curenții ce trebuie deserviți:

1. Pentru intensități de curent pînă la 100 A de curent alternativ sau curent continuu, construcții din benzi de cupru.

2. Pentru intensități de curent de la 100 A pînă la 1 000 A curent alternativ sau curent continuu s-a ajuns la construcții de un sistem de șine din cupru lat.

3. Pentru intensități de curent de la 1 000 A pînă la 6 000 A curent continuu s-a ajuns la o construcție în grătar din șine late.

În continuare, articolul se ocupă cu elementele de conexiune ale repartitorilor pentru diferite intensități de curent, dînd descrieri detaliate ale fiecărui element în parte. Fotografiile redau o imagine de diferite tipuri de construcții moderne de repartizări. De asemenea sînt descrise sistemele de blocaj pentru a nu da posibilitatea unor manevre greșite *W. L.*

Tracțiune electrică

C.Z. 621.331

Progrese în tracțiunea electrică [După *J. W. Grieve*: Proc. Instn. electr.Engrs. p. A. (1956) 9, p. 229—238]

Articolul trece în revistă progresele realizate în tracțiunea electrică din 1936 pînă azi, cu referiri la situația principalelor țări din lume. Tracțiunea cu locomotive Diesel nu este tratată. Realizările cele mai importante sînt în domeniul tracțiunii monofazate la frecvența industrială. Se expun avantajele celor 3 sisteme de alimentare: în curent continuu la 1 500—3 000 V, în curent alternativ de joasă frecvență la 11—16 kV, și în curent alternativ la frecvență industrială la tensiuni pînă la 25 kV. Problema dezechilibrului fazelor în ultimul sistem este rezolvată, fie prin împărțirea liniei în secțiuni conectate la faze diferite, fie mai rar, printr-un montaj Scott. Substațiile de alimentare prezintă progrese sub aspectul reducerii dimensiunilor și a greutății aparatajului. S-au revizuit proiectele de construcții pe linia utilizării betonului și a economisirii fierului. S-au introdus mijloace contra coroziunii catodice în special în regiunile urbane, unde există rețele mixte, electrice și de abur. În ceea ce privește motoarele electrice, prin utilizarea noilor materiale sintetice bazate pe siliconi, precum și prin autoventilarea lor, s-a putut mări puterea pentru un gabarit dat. În general se utilizează motoare coaxiale. În curent continuu sînt uzuale motoarele serie-paralel, iar în curent alternativ motoarele serie. Acestea prezintă numeroase dificultăți în proiectare, dintre care cea mai importantă este problema comutației. Se utilizează motoare de curent continuu alimentate de la rețeaua monofazată de 25 Hz sau 50 Hz prin intermediul redresorilor. În acest scop este în stadiu experimental un redresor cu germaniu. În vederea reducerii greutății s-au executat prototipuri cu corpul din aliaj de aluminiu. Se dau cîteva detalii de construcție ale unor tipuri moderne de locomotive electrice cu greutate redusă, cu un sistem de boghiuri ameliorat, capabile de viteză și accelerație mare. Locomotivele electrice alimentate monofazat la frecvența industrială au motoare de curent continuu sau motoare de curent alternativ. Unele locomotive sînt echipate cu un convertizor de frecvență în vederea schimbării vitezelor, utilizînd motoare de inducție simple. Vitezele locomotivelor moderne ating ca valoare medie 70—76 mile/h iar ca valoare maximă 100—126 mile/h. În continuare se expun progresele realizate în diverse țări din lume. *I.C.*

C.Z. 621.331.3

Posibilitățile tracțiunii electrice la frecvența industrială [După *E. L. E. Wheatcroft* și *H. F. C. Barton*: Proc. Instn. electr. Engrs. p. A, (1956), 10, p. 411—421].

Se face o expunere a avantajelor de ordin tehnic și economic a tracțiunii electrice în curent alternativ la 50 Hz în raport cu celelalte sisteme. Se descriu tipurile de motoare de tracțiune utilizate de fiecare sistem și anume: motorul monofazat de 50 Hz care are un gabarit și o greutate superioară motorului corespunzător de $16\,^2/_3$ Hz; grupul motor- generator compus din generator de curent continuu și motor curent continuu permițînd reglajul vitezei prin reglajul tensiunii generatorului; grupul motor- generator compus din grup motor monofazat-generator trifazat și motoare de inducție trifazate, reglajul vitezei obținîndu-se prin reglajul frecvenței generatorului trifazat; motoare curent continuu alimentate prin redresori prezintă avantaje speciale în țările în care s-a dezvoltat tracțiunea atît în curent continuu cît și în curent alternativ.

În ceea ce privește stațiile de conectare, în cazul alimentării la frecvența industrială, acestea conțin numai transformatori statici, fiind eliminate grupurile convertizoare de frecvență. Problema echilibrării fazelor este astăzi rezolvată. Echipamentul de linie în tracțiunea în curent alternativ este mult mai ieftin decît în celelalte cazuri. Se analizează de asemenea problema interferenței telecomunicațiilor și a semnalizorilor. Se arată că din punctul de vedere al cheltuielilor totale tracțiunea în curent alternativ la 50 Hz este avantajoasă. În tabelele anexate articolului se indică caracteristicile liniilor existente utilizînd frecvența industrială, precum și a tipurilor de motoare de tracțiune respective. *I.C.*

C.Z. 621.335.2.025.1 :621.314.6

Armonicele locomotivelor monofazate cu redresoare [După *M. Tessier*: Bull. Soc. franc. Electr. VI (1956) 68, p. 533—543]

După un an și jumătate de experiențe pe linia Valanciennes-Thionville, locomotiva electrică monofazată de 50 Hz cu redresori s-a dovedit cea mai adecvată, atît pentru trenurile de marfă grele, cît și pentru trenurile rapide de călători. Înainte însă de a se lua în considerare fabricarea acesteia în serie mare a trebuit lămurită o problemă importantă și anume aceea a perturbațiilor cauzate de armonicele de curent provocate de acest tip de mașină.

Producerea armonicelor. Considerîndu-se ipotezele extreme în cazul unui circuit receptor pur rezistiv, în rețeaua de înaltă tensiune nu apar armonice, în timp ce dacă se consideră circuitul receptor de reactanță infinită, în rețeaua primară apar un procent însemnat de armonice. În realitate fenomenul este mult mai complex și circuitele nu pot fi în nici un caz asimilate celor de mai sus. Experiențele practice de a se apropia de cazul teoretic reducîndu-se reactanțele și construind motoare acceptînd o ondulare ridicată a curentului nu au dat rezultate. Astfel s-a ajuns la concluzia că trebuie păstrată construcția simplă, menținîndu-se coeficienții de ondulare de 20—30%. În schimb durata de comutație a redresorilor este unul dintre factorii cei mai importanți în producerea armonicelor primare de curent în redresorii de orice tip, fie că aceștia sînt mono- sau hexafazați. Practic se deovedește că redresorii monofazați ai locomotivelor, nu produc mai multe armonice-la putere egală — decît redresorii hexafazați ai substațiilor liniilor căilor ferate electrificate în curent continuu.

Natura perturbațiilor cauzate de armonice, clasificare și importanță. Acestea se clasifică în trei grupe principale:

1. Perturbațiile pe circuitele telefonice provenind din armonicele de ordin superior, sînt sub limitele acceptabile. Într-adevăr tensiunea psofometrică maximă prevăzută de normele C.C.I.F. este de 2 mV pentru circuitele în cablu, în timp ce tensiunile măsurate — în cazul unor concentrări mari de locomotive — au fost de 0,34 mV.

2. Perturbațiile asupra radiodifuziunii și televiziunii provin din frecvențele foarte înalte și intră în considerare numai în zona de radiație a catenarei. Perturbații de acest fel au și alte cauze, astfel încît nu se poate determina cu exactitate partea care revine locomotivelor cu redresori. În urma experiențelor efectuate s-a stabilit că perturbațiile provocate de locomotivele cu acumulatori nu sînt mai mari decît cele produse de celelalte vehicule motoare.

3. Perturbațiile în rețelele primare, înțelegînd prin rețea primară ansamblul liniilor de înaltă tensiune și mașinilor care alimentează locomotivele împreună cu toți consumatorii branșați pe aceste linii. Ele sînt produse de armonicele de ordin inferior, singurele de amplitudine apreciabilă. Deoarece, după cum s-a văzut acestea sînt comparabile cu cele produse de redresorii polifazați și perturbațiile provocate de locomotivele cu redresori sînt similare și suportabile.

Armonicele de tensiune au fost măsurate la substația Fourmies, principalele concluzii fiind: *a*) cu o sarcină maximă de $\frac{P}{P\text{sc. circ.}} = \frac{14}{196}$ MVA = 7,2 %; procentul armonicelor pe barele de 60 kV nu a depășit 7,5 % în cazul normal al cuplajului Scott; *b*) pentru aceeași putere absorbită procentul armonicelor de tensiune este cu atît mai redus, cu cît puterea de scurtcircuit a rețelei este mai mare; *c*) cuplajul în V conduce la o micșorare a procentului total de armonice; *d*) procentul armonicelor crește aproape proporțional cu puterea.

În baza tuturor experiențelor făcute se poate trage concluzia că locomotivele cu redresori nu introduc perturbații mai supărătoare decît celelalte sisteme. Ele sînt cu totul tolerabile în privința circuitelor de telecomunicații, radio și televiziune, iar în rețele primare ele nu introduc decît perturbații foarte slabe, din cauza puterii mari a rețelelor din regiunile în care se dezvoltă tracțiunea electrică. Respectîndu-se condițiile de alimentare impuse de limitarea dezechilibrului, se capătă certitudinea că locomotivele cu redresori vor putea circula în mare număr pe liniile respective, con-

stituind chiar totalitatea parcului motor, fără ca propagarea curenților armonici și deformațiile de tensiune să atingă valori supărătoare. *N.K*

C.Z. 621.335.2.025.1 :621.314.6

Contribuție la studiul generării armonicelor de curent monofazat de către locomotivele cu redresori. [După *M. Demontvignier*: Bull. Soc. franc. Electr.VI (1956) 68, p.544—551]

Schema de principiu a unei locomotive electrice cu redresori conține un autotransformator cu priză variabilă conectat în primarul unui transformator care alimentează redresorii. Fiecare pereche de redresori — ale cărei anode sînt legate la ieșirile transformatorului — au catodele legate în paralel și alimentează cîte un motor legat în serie cu cîte o inductanță de filtraj la priza mediană a transformatorului. Într-o primă aproximație se poate ca pentru studiul teoretic al formelor curbelor de curent să se asimileze acest ansamblu cu o forță contra-electromotoare în serie cu o inductanță mică.

Pentru acest studiu urmează să se obțină o dezvoltare în serie Fourier a curentului primar. El poate fi făcut pentru o putere determinată a locomotivei, sub o tensiune dată la bornele acesteia. Puterea, corespunzînd unei valori definite a curentuiui redresat mediu, poate fi obținută cu o alimentare mai mult sau mai puțin ondulat. Valoarea ondulării este în funcție de inductanță.

După stabilirea relațiilor matematice se face o aplicare numerică a acestora comparîndu-se apoi valorile obținute prin calcul cu rezultatele experiențelor făcute asupra unui model redus.

Se poate constata că atît rezultatele asupra amplitudinii armonicelor, cît și cele relative la defazajul lor sînt concordante. De asemenea ele sînt foarte apropiate de rezultatele obținute în practică de S.N.C.F., în special pentru armonicele 3 și 5. Pentru armonicele de ordin superior diferențele între rezultatele teoretice și cele practice cresc sensibil datorită diferențelor care există între ipoteza simplificată de calcul și valorile reale.

Ca o concluzie a studiului făcut se pot spune următoarele:

Curentul armonicelor de curent date de locomotivele cu redresori pot fi calculate teoretic fără erori prea mari. Ele sînt destul de slabe pentru a nu provoca perturbații apreciabile în rețea. Ele pot fi de altfel comparate — la rang egal — cu cele date de substațiile fixe cu redresori hexafazați, făcîndu-se bineînțeles abstracție de multiplii de 3 pe care acestea nu le produc și care se speră că pot fi compensate printr-un defazaj convenabil al diverselor secțiuni. În această ipoteză procentul armonicelor locomotivelor este mai mic decît cel al substațiilor. Aceasta rezultă în principal din faptul că se pot admite la substații căderi inductive foarte reduse, pentru că trebuie limitate căderile de tensiune la plecarea catenarei. Din contra, pe bordul locomotivelor se pot admite căderi inductive mai mari care pot fi recuperate prin folosirea graduatorului de tensiune care are o influență favorabilă asupra procentului armonicelor.

Căderea ridicată de tensiune inductivă prezintă și avantajul că mărind unghiurile de comutație diminuează panta finală a curenților anodici, factor determinant al ionizării reziduale inițiale, cauză primară a aprinderilor inverse. Curenții de scurtcircuit care rezultă din acestea sînt de asemenea limitați de căderea inductivă. Aceasta este desigur cauza comportării excelente a redresorilor pe bordul locomotivelor. Se poate spune că acești redresori ocupă locul cel mai potrivit în lanțul care reunește rețeaua de motoarele de tracțiune.

N.K.

Acționări electrice

C.Z. 621.313.333 :621.316.718.076.6

Acționare cu comanda prin impuls a turației motorului asincron [După *N.N. Krecetovici*: Electricestvo, 76(1956), 3, p.23—28]

Acționarea electromotoarelor prin impuls, constă în variația turației acestora prin anclanșarea și declanșarea unor circuite electrice ale motorului. Această metodă s-a folosit la început pentru reglarea turației motoarelor de curent continuu iar în prezent s-a extins și la reglarea turației motoarelor asincrone. Experiențele efectuate prin acest procedeu au condus la rezultate admirabile, permițînd reglajul turației în gama 1 :1500, de la plină sarcină la gol și obținerea unor caracteristici mecanice rigide, spre deosebire de cele ale motoarelor asincrone cu rezistență variabilă în rotor la care turația este foarte sensibilă la variațiile sarcinii. Pînă în prezent aceste procedee s-au extins numai pentru motoarele mici, din cauza condițiilor grele de lucru, adică frecvență mare a impulsurilor și creșterea curenților la reducerea turației. Folosirea combinată a metodei impulsurilor și variației rezistenței din circuitul rotoric va permite eliminarea neajunsurilor implicate de metoda impulsurilor. În articol este descrisă în amănunt funcționarea unui sistem de reglaj prin impulsuri a motorului unei prese. Cu această ocazie se precizează necesitatea alegerii unor contactori cu bobine de curent continuu, apți pentru funcționarea în condiții grele și calculați la 1 200 comutații pe oră. *S.S.*

C.Z. 621.9—83

Antrenarea tip Leonard pentru mașini unelte mari [După *M. Steinebrunner* și *A. Schenkel*: Brown Boveri Mitt. 43 (1956) 5, p. 136 — 146]

Caracteristica antrenărilor Leonard constă în faptul că pentru fiecare motor, există o sursă de energie cu tensiune continuă variabilă. De cele mai multe ori această sursă este un generator de curent continuu antrenat de un motor trifazat. Reglajul turației se poate face prin variația tensiunii rotorice a generatorului, prin variația excitației motorului sau prin ambele metode combinate. Rotorii generatorului și motorului sînt legați permanent printr-un circuit lipsit de întreruptor, astfel încît se asigură milioane de comutări numai cu ajutorul unor contactori simpli. Antrenarea Leonard este reversibilă, iar posibilitatea de frînare electrică elimină necesitatea frînelor mecanice simplificînd și ieftinind construcția mașinilor unelte. Frînarea se produce cînd tensiunea motorului depășește cea a generatorului. Pentru aceasta se mărește excitația motorului sau se micșorează cea a generatorului. Datorită faptului că energia de frînare este recuperată și restituită rețelei trifazate se pot executa pe oră mii de frînări și inversări de sens fără a se produce încălzirea mașinilor.

O altă particularitate importantă este frînarea și accelerarea în timp practic egal indiferent de sarcină. Se asigură astfel o precizie ridicată a comenzilor și însemnate economii de timp în multe cazuri — de exemplu la rabotat — prin micșorarea curselor moarte. Acest mod de antrenare asigură un cuplu constant și strunjirea la turație constantă, iar cu ajutorul unui dispozitiv auxiliar simplu se poate realiza strunjirea plană cu viteză de tăiere constantă.

Pentru satisfacerea cerințelor practice s-au realizat diferite construcții și scheme de antrenare Leonard. Printre acestea cele mai întrebuințate sînt astăzi: cele cu reglaj de viteză prin excitație intermediară și mașină pentru slăbirea excitației (la strunguri carusel, strunguri și raboteze), cele cu reglaj de viteză prin excitație intermediară serie (în special la mișcări alternative), cele cu reglaj electronic (interval mare de reglaj, precizie la turații reduse, porniri și frînări la cuplu predeterminat) precum și cele cu amplificatori magnetici.

În ultima parte a articolului sînt expuse o serie de aplicații practice de antrenări Leonard la diferite mașini unelte mari. Se dau exemple de mașini de rabotat și mortezat, strunguri carusel, strunguri paralele și plane de copiat, mașini de frezat portale, mașini orizontale de găurit și frezat, arătîndu-se pentru fiecare caz avantajele care rezultă din folosirea antrenării Leonard. *N. K.*

Sudură electrică

C.Z. 621.791.736

Determinarea mărimii și puterii mașinilor de sudat prin rezistență [După *A. Kocher* și *F. Weber*: Brown Boveri Rev. 43 (1956) 7, p. 266—274]

Se arată că simpla indicare a puterii mașinilor de sudură prin rezistență nu este suficientă pentru a se putea cunoaște performanțele mașinii. De asemenea nu se poate ști dacă mașina nu va absorbi puteri de vîrf a căror amplitudini depășesc cu mult valoarea dată. De aceea dacă se compară

între ele diverse maşini de sudat prin rezistenţă, trebuie neapărat să se ia în consideraţie calitatea punctelor de sudură executate de maşină (diametrul punctului şi rezistenţa la tăiere), presiunea electrozilor, curentul şi timpul de sudură. Autorii îşi susţin aceste afirmaţii cu o serie întreagă de exemplificări. Se dă de asemenea şi o tabelă de date tehnice relative la sudarea tablelor decapate de oţel cu o rezistenţă la tracţiune de 30 kg/mm², de grosimi de 0,5 ; 1 ; 1,5 ; 2 2,5 ; 3 mm. În această tabelă se indică pentru cinci clase de calitate a maşinilor de sudură, valori pentru efortul de presiune al electrozilor, curentul de sudură , timpul de sudură, diametrul punctului de sudură, rezistenţa la tăiere a punctului de sudură. Articolul se încheie prin descrierea sumară a cîtorva tipuri moderne de maşini de sudat prin rezistenţă.

C.P.

Aparate de măsură

C.Z. 621.317.736.087.61

Noile înregistratoare rapide A.E.G.pentru punerea în evidenţă a defectelor. [După *W. Oesinghaus* : AEG Mitt. (1956) 3—4, p. 106—110]

Pentru înregistrarea fenomenelor tranzitorii rapide care ne ajută să punem în evidenţă defectele din instalaţie, sînt necesare aparate speciale de înregistrare. La controlul unei liini moderne trebuie să ştim diferite date asupra defecţiunilor apărute precum şi în felul în care a lucrat protecţia. În cazul unor defecţiuni ne interesează : ora începerii, durata şi repetarea, felul defecţiunii (scurtcircuit sau punere la pămînt) urmările unei defecţiuni primare (de exemplu trecerea de la o punere la pămînt într-un scurtcircuit), valori limită ce au survenit (de exemplu cădere de tensiune, supra tensiuni, respectiv curenţi de scurtcircuit), felul şi locul defectului (faza sau sectorul de reţea precum şi distanţa aproximativă a punctului defectat), cauze (rupere de conductori, defecte în transformatori sau reductori etc.). Totodată ne interesează funcţionarea instalaţiilor de protecţie şi comportarea reţelei în stadiul de defecţiune. În acest scop trebuie cunoscut : timpul de declanşare a releelor şi întreruptorilor, pendularea regulatorilor etc. Înregistrările obţinute cu aparatele susmenţionate oferă răspunsuri la toate aceste întrebări. Articolul descrie construcţia acestor aparate şi dă unele date caracteristice. Este discutată şi posibilitatea întrebuinţării acestor aparate în industrie cum ar fi controlul turaţiei, şocul de sarcină precum şi un control de timp al proceselor de laminare.

W.L.

RECENZII

C.Z 621.351

L. FIHMAN : Pile şi acumulatori. Manualul Inginerului Electrician, vol. III, Editura Tehnică, Bucureşti, 1956.

Lucrarea reprezintă un rezumat al cursului predat de autor studenţilor facultăţii de Electrotehnică a Institutului Politehnic din Bucureşti. Ea conţine cinci capitole, în care sînt dezvoltate următoarele probleme : *A*. Generalităţi ; *B*. Teoria surselor electrochimice ; *C*. Caracteristicile principale electrice şi electrotehnice ale surselor electrochimice ; *D*. Elementele galvanice primare (pilele) ; *E*. Elementele galvanice secundare (acumulatorii).

Capitolul *A* tratează principiul de funcţionare al surselor electrochimice. Sînt arătate condiţiile în care apar potenţialele de electrod la cufundarea metalelor şi a altor electrozi în soluţii electrolitice ; se explică apariţia curentului în circuitul închis al elementului galvanic ; se clasifică elementele galvanice şi se dă definiţii precise termenilor în legătură cu sursele electrochimice de energie electrică.

Capitolul cuprinde şi o scurtă introducere în electrochimie : teoria disocierii electrolitice şi a activităţii electroliţilor, echilibrul procesului de disociere a apei şi factorul de hidrogen (pH), notarea caracteristică a reacţiilor ionice şi modul de desfăşurare a reacţiilor ionice în soluţie.

Prin definiţiile în legătură cu obiectul tratat, definiţii necesare în lipsa unei terminologii unitare aplicate în acest domeniu de literatura de specialitate şi prin lămuririle şi precizările din domeniul electrochimiei, domeniu în genere mai puţin cunoscut inginerilor electricieni, autorul deschide calea înţelegerii fondului lucrării, tratat în capitolele următoare.

În expunerea teoriei surselor electrochimice, tratată în capitolul *B*, autorul utilizează metoda termodinamică, care se pretează unei explicaţii ştiinţifice, concrete şi riguroase, a fenomenelor care apar în procesele primare, fără pierderi, ale surselor electrochimice. Procesele secundare, nereversibile, sînt mai puţin apte unei analize termodinamice.

Procesul transformărilor energetice este redat mai mult sub aspectul său calitativ, spre deosebire de teoria reacţiilor ionice, care este expusă mai matematic. Pe baza unor relaţii cunoscute din termodinamică, autorul prezintă formulele de calcul al variaţiei energiei libere a proceselor care intervin în funcţionarea elementelor galvanice.

În acelaşi capitol se face clasificarea electrozilor întrebuinţaţi în sursele electrochimice. Menţionăm, că, în general, definiţia electrozilor de ordinul *1* (electrozii metalici) este mai accesibilă înţelegerii inginerului electrician, decît aceea a electrozilor de ordinul *2* (metaloizii şi sărurile greu solubile ale metalelor) şi de ordinul *3* (electrozii inerţi, cufundaţi în soluţii conţinînd ioni de valenţă diferită). Aceasta se explic prin aspectul electrochimic mai pronunţat al fenomenelor care apar la aceste din urmă categorii de electrozi.

Completarea capitolului prin explicarea potenţialelor de contact lichid permite înţelegerea pilelor lipsite de diafragmă (perete poros), de tipul Daniel-Meininger, precum şi a necesităţii introducerii electrozilor de referinţă la măsurarea potenţialelor de electrod.

Tratînd caracteristicile electrice şi electrochimice ale pilelor şi acumulatorilor, capitolul *C* expune metodele de calcul a f.e.m. a elementului galvanic, pe baza cunoaşterii potenţialelor electrozilor în prezenţa electroliţilor (stabilite cu ajutorul electrozilor de referinţă) şi pe baza calculului termochimic.

Această din urmă metodă este descrisă însă prea sumar faţă de interesul pe care îl prezintă problema folosirii căldurii absorbită de elementul galvanic din mediul ambiant, problemă de care s-a ocupat la noi în ţară savantul Acad. Prof. N. Vasilescu Karpen.

În acelaşi capitol sînt date formulele tensiunii în regim de descărcare şi încărcare a elementelor reversibile şi succesiunea proceselor de electroliză în aceste regimuri.

În legătură cu această succesiune, se expune fenomenul de polarizare a electrozilor. Expunerea este făcută cu totul nou faţă de prezentările cunoscute din cursurile de electrotehnică, fiind însoţită de diagramele proceselor de polarizare şi de formule, care completează aspectul cantitativ al fenomenului. Acest mod de prezentare ridică nivelul expunerii şi uşurează totodată înţelegerea proceselor respecti ve.

Capitolul mai cuprinde prezentarea condiţiilor pentru obţinerea f.e.m. şi a capacităţii maxime în elementele galvanice precum şi alte condiţii impuse surselor electrochimice.

În tratarea condiţiilor de obţinere a capacităţii maxime sînt expuse, cu totul sumar, avantajele pilelor de combustie, iar în ceea ce priveşte pila oxigen-hidrogen (O_2 — H_2) studiată de aproape de Acad. Prof. N. Vasilescu-Karpen în laboratorul Şcolii Politehnice din Bucureşti, autorul nu dă nici o relaţie, ceea ce considerăm ca o lipsă regretabilă a lucrării.

În capitolul *D* sînt descrise principalele tipuri constructive de pile. Mai pe scurt, pilele Daniel-Jacobi, Bunsen, Grenet, pila cu oxid de cupru, mai pe larg, pilele cele mai folosite astăzi, pila Leclanché (cu depolarizant de bioxid de mangan) şi pila Ferry (cu depolarizant de aer). Sînt date principiile constructive şi caracteristicile principale ale acestor pile. La pilele uscate sînt descrise, pe scurt, metodele de fabricaţie şi se dau extrase din STAS-uri.

În acelaşi capitol mai sînt descrise elementul etalon cu cadmiu şi construcţiile noi de elemente primare, ca cele cu peroxid de argint şi oxid de mercur. Nu s-a insistat însă ăsuficient asupra pilei cu peroxid de argint, utilizată astăzi pe

scară mare atît ca pilă cît şi ca acumulator electric şi lipsa unei figuri care să completeze relaţiile succinte date asupra acestei pile îngreuiază înţelegerea funcţionării sale.

Capitolul are meritul de a fi introdus ordine şi simplificare în prezentarea numeroaselor sisteme de pile cunoscute în trecut şi apărute mai recent, alegînd dintre acestea numai tipurile reprezentative şi mai des utilizate.

Capitolul *E* tratează despre acumulatorii clasici : cele acide şi cele alcaline. Sînt descrise principiile de funcţionare şi procesele lor electrochimice reversibile, sînt date formulele de calcul ale potenţialelor de electrod şi ale f.e.m., metodele de măsurare în curent continuu şi alternativ a rezistenţelor interioare şi caracteristicile electrice în regimuri de descărcare ale acumulatorilor.

Sînt descrise apoi diferitele tipuri de plăci şi metodele de fabricaţie şi de asamblare a lor în elementul de acumulator.

Capitolul mai cuprinde descrierea metodelor de încărcare a bateriilor de acumulatori, regulile pentru utilizarea şi întreţinerea lor şi o comparaţie între acumulatorii cu plăci de plumb şi cele alcaline, în vederea alegerii lor în exploatare.

Capitolul este tratat destul de complet, mai ales în ceea ce priveşte acumulatorul cu plumb. El cuprinde o serie de date utile pentru studierea şi folosirea instalaţiilor de acumulatori.

Comparaţia între cele două tipuri clasice de acumulatori este foarte utilă pentru fixarea tipului corespunzător diferitelor domenii de utilizare. Autorul nu scoate însă în evidenţă în mod satisfăcător deosebirea între domeniile de utilizare a acumulatorilor fero-nichel şi cadmiu-nichel, cu toate că arată proprietăţile fiecărui tip.

Găsim utilă prezentarea extraselor din STAS, atît prin datele pe care le conţin cît şi prin figurile bine executate ale acestora.

În ansamblul său, lucrarea ing. L. Fihman este expusă la un nivel ridicat, într-un stil clar şi satisface atît prin modul de tratare cît şi prin datele practice pe care le conţine, scopul pentru care a fost elaborată.

Literatura noastră tehnică fiind lipsită de un manual adresat inginerilor electricieni, care să trateze pe larg şi la nivelul cel mai ridicat, problema surselor electrochimice, ar fi util dacă autorul lucrării recenzate ar dezvolta-o, transformînd lucrarea dintr-o expunere succintă, pregătită pentru un manual de consultaţie, într-una de sine stătătoare, la dimensiunile unui tratat.

Conf. univ. C. Lazu

CRONICA

Şedinţa lărgită a Biroului Consiliului Central A.S.I.T.

La 28 ianuarie a. c., la Consiliul Central A.S.I.T. a avut loc şedinţa cu preşedinţii şi secretarii filialelor regionale A.S.I.T., preşedinţii şi secretarii tehnici ai secţiilor de specialitate din Consiliul Central A.S.I.T., redactorii responsabili ai publicaţiilor A.S.I.T. şi numeroşi activişti ai A. S. I. T. Ing. O. Rusu, prim-secretar al Consiliului Central A.S.I.T. a prezentat un referat cu privire la sarcinile Asociaţiei ca urmare a Hotărîrilor plenarei C.C. al P.M.R. din 27—29 decembrie 1956. În cele ce urmează se va face o expunere succintă a principalelor teze ale referatului.

1. *Dezbaterile problemelor ridicării nivelului de trai al poporului muncitor, principala preocupare a Asociaţiei.* Elementul esenţial al unui program de dezvoltare economică a unei ţări este, după cum se ştie, dezvoltarea industriei, factor hotărîtor al ridicării nivelului de trai al poporului. Creşterea nivelului de trai mai este condiţionată de proporţiile ce se stabilesc în repartizarea venitului naţional între cele trei mari domenii : consum, acumulări şi rezerve. Plenara a indicat ramurile de dezvoltare ale industriei grele în viitor, arătînd necesitatea concentrării resurselor rezultate din acumulare în sectoarele care dau eficacitatea economică maximă. Un astfel de sector este industria chimică unde condiţiile oferite de bogăţia materiei prime creează posibilităţi multiple. Odată cu dezvoltarea industriei chimice se va acorda o atenţie deosebită ramurilor : minieră, petroliferă, energetică, materiale de construcţii precum şi marilor lucrări începute în primul cincinal.

O altă condiţie pentru ridicarea nivelului de trai este existenţa bunurilor materiale, la dispoziţia consumatorilor.

Activitatea A.S.I.T. trebuie să se dezvolte şi în viitor multilateral cuprinzînd preocupările tuturor ramurilor de producţie, călăuzindu-se însă după indicaţia că toate ramurile economiei naţionale trebuie să conlucreze la mecanizarea şi chimizarea agriculturii, la creşterea producţiei agricole şi a bunurilor de larg consum, necesare îmbunătăţirii continue a aprovizionării populaţiei. Astfel, plenara a hotărît orientarea industriei constructoare de maşini spre producţia de maşini şi utilaj necesar agriculturii, de utilaje petrolifere miniere şi mijloace de transport. Industria chimică a fost orientată spre producţia de îngrăşăminte chimice şi insecto-fungicide destinate agriculturii precum şi fibre sintetice şi mase plastice pentru bunuri de larg consum. Construcţia de locuinţe într-un timp scurt şi de calitate corespunzătoare va lua o mare dezvoltare.

2. *Ridicarea productivităţii muncii şi reducerea preţului de cost prin organizarea ştiinţifică a producţiei, preocupare permanentă a Asociaţiei.* Ridicarea productivităţii muncii şi reducerea preţului de cost necesită un permanent progres al ştiinţei şi tehnicii, introducerea în producţie a celor mai mari cuceriri ale acestora. Reducerea cheltuielilor de producţie paralel cu dezvoltarea producţiei, trebuie să fie obţinută prin folosirea mai bună a utilajului de producţie existent, modernizarea utilajului, modernizarea întreprinderilor. Totodată trebuie introduse procedee tehnologice noi, moderne, folosite rezervele de materii prime, materiale energie, însemnate rezerve ale ridicării productivităţii muncii şi reducerii preţului de cost. Asigurarea unei bune aprovizionări, gospodărirea justă a materialelor, constituie chei ale realizării planului de producţie. Folosirea unor tehnologii învechite duce la un consum ridicat de materiale şi în consecinţă, la mărirea greutăţii multor agregate. În privinţa economiei de materii prime, un accent deosebit se pune pe economia materialului. Totodată o atenţie deosebită trebuie acordată economisirii combustibilului şi energiei prin reducerea consumurilor specifice.

A.S.I.T. are datoria de a dezbate cu competenţa problemele organizării ştiinţifice a producţiei, să propună soluţii în scopul obţinerii unei înalte productivităţi, un preţ de cost minim şi o calitate superioară.

În scopul ridicării nivelului de trai, plenara a luat hotărîri privind îmbunătăţiri în domeniul salarizării care constă în ridicarea salariului nominal şi salariului real cît şi în cointeresarea materială a oamenilor muncii la ridicarea tehnico-economică a producţiei. Plenara a hotărît - în acest sens - înfăptuirea unei normări mai bune a muncii. Pentru o justă rezolvare a problemei normării este nevoie să se asigure o temeinică pregătire tehnologică a fabricaţilor.

3. *Participarea mai activă a inginerilor şi tehnicienilor ca şi a Asociaţiei la rezolvarea problemelor organizării ştiinţifice şi conducerii producţiei.* Sarcinile şi răspunderea colectivelor din întreprinderi au crescut simţitor prin reducerea centralismului excesiv. Posibilităţile şi drepturile conducerilor din întreprinderi s-au lărgit foarte mult. Iniţiativa oamenilor muncii joacă un rol important în conducerea şi realizarea economiei. Una din formele cele mai eficace de participare a maselor la conducerea producţiei o constituie consfătuirile de producţie.

Cercurile A.S.I.T. au datoria de a colabora cu sindicatele în organizarea acestor consfătuiri, de a dezbate problemele producţiei şi a propune soluţii eficiente.

Országos Műszaki Könyvtár

INHALTZVERZEICHNIS

Leitartikel:
Die Aufgaben unserer Zeitschrift in folge der Plenersitzung des Z.K. der RAP vom 27—29 dezember 1957
Electrotehnica, V (1957) nr 1, p. 1

C.Z. 621.3.001.5 (R)
Schriftleitung :
Wissenschaftliche Probleme der rumänischen Elektrotechnik
Electrotehnica, V (1957) nr. 1, p. 2

C.Z.621.369 :621.316.8
Avramescu, A. :
Rohrförmige Tauchwiderstände für Elektrowärmegeräte
Electrotehnica, V (1957) nr, 1, p. 4

Es werden theoretische Berechnungen dargestellt für das Verhalten (im Normalbetrieb und im Störungsfalle) der rohrförmigen Widerstände, die bei Heizgeräte im Haushalt und in der Industrie verwendet werden. Die Ergebnisse der Berechnungen werden zur Dimensionierung einer Reihe von Heizgeräte mit Tauchwiderständen benützt. Mit einer Anzahl von Versuchsmodellen ausgeführte Laboratoriumsversuche zeigen eine gute Übereinstimmung zwischen den theoretisch abgeleiteten und den im Laboratorium gemessenen Werten

---

C.Z. 621.319.53
Hortopan, Gh.:
Bemerkungen zur Berechung und Steuerung eines Impulsgenerators
Electrotehnica, V (1957) nr. 1, p. 13

Es wird die Definition des Internationalen Elektrotechnischen Kommission (C.E.I.) für die Spannungsimpulswelle, angegeben. Unter Verwendung der Laplace-Transformation wird der analytische Ausdruck für die Spannungswelle des Impulsgenerators abgeleitet, der nach der Schaltung Marx und Marguerre arbeitet. Es wird der Wert der Impuls kapazität des Transformator berechnet. Es werden Angaben gemacht über fie Steuerung und die Art der Aufzeichnung der Welle des Impuls generators des Elt. Forsch. Institutes.

C.Z. 621.316.13.025.3 : 621.317.38
Preda, M. und *Ambrosie, C.*
Moglicheiten der Messung der Blindleistung und der Blindenergie in unsymmetrischen Drestromnetzen.
Electrotehnica, V (1957) nr. 1, p. 19

Es wird das Problem der Mesung der Blindleistung und der Blindenergie untersucht, mit Hilfe von Leistungsmessern und Zahlern nach dem Induktions—princip, im allgemeinen Falle der vollkommen unsymetrischen Drehstromnetze. Das Problem wird in einer einheitlichen Form behandelt, die sich auf die Methode komplexer Grössen und auf die Theorie der symmetrischen Komponenten stützt.

BEITRÄGE
C.Z. 538.551.2.
Stănciulescu Fl. :
Der aperiodische kritische Betriebszustand im Serien—Stromkreise RLC.
Electrotehnica V (1957) nr. 1, p. 27

DISKUSSIONEN
C.Z. 621.313.017.71
Über den Artikel „Betrachtungen über einige nach ihrer Heizgränze bemessensen elektrischen Maschinen
Bogdănescu, Gh. : Bemerkungen
Bunea, V. : Antwort
Electrotehnica, V (1957) nr. 1, p. 28

REFERATE, p. 30
BUCHBESPRECHUNGEN, p. 35
BERICHTE, p. 36

SOMMAIRE

Editorial :
Les taches de notre révue apres la séssion plénaire du C.C. du Parti des Ouvriers Roumains, 27—29 Decembre 1956
Electrotehnica, V (1957), nr. 1, p. 1.

C.Z. 621.3.001.5 (R)
Redaction :
Les problèmes scientifiques de l'électrotechnique roumaine
Electrotehnica, V(1957) nr. 1, p. 2.

C.Z. 621.369 : 621.316.8
Avramescu, A. :
Résistances tubulaires du type plonjeur pour des appareils électrothermiques.
Electrotehnica, V(1957) nr. 1, p. 4.

C.Z.621.319.53
Hortopan, Gh. :
Observations concernant le calcul et la commande d'un générateur de choc.
Electrotehnica, V(1957) nr. 1, p. 13.

C.Z. 621.316.13.025.3 : 621.317.38
Preda, M. et *Ambrozie, C.* :
Possibilitéss de la mesure de la puissance réactive et de l'énergie réactive dans les réseaux triphasés asymmétriques.
Electrotehnica, V (1957), nr. 1, p. 19.

NOTES
C.Z. 538.551.2.
Stănciulescu, Fl. :
Le régime apériodique critique dans le circuits série RLC.
Electrotehnica, V (1957) nr. 1, p. 27.

DISCUSSIONS, p. 28
DOCUMENTATION, p. 30.
BIBLIOGRAPIHE, p. 35.
CHRONIQUE, p.36.

CONTENTS

Leader
Tasks of our review in consequence of the plenary of the Rumanian Worker's Party of 27th to 29th December 1956.
Electrotehnica, V (1957) no. 1, p. 1.

C.Z. 621.3.001.5(R)
Editor :
The scientific tasks of the rumanian electrotechnics.
Electrotehnica, V (1957) no. 1, p. 2.

C.Z. 621.369 : 621.316.8
Avramescu, A. :
Submergible type tubular resistances for electrothermic devices
Electrotehnica, V(1957) no. 1, p. 4.

C.Z. 621.319.53
Hortopan, Gh. :
Remarks on the computation and control of an impulse generator
Electrotehnica, V (1957) no. 1, p. 13.

C.Z. 621.316.13.025.3 : 621.317.38
Preda, M. and *Ambrozie, C.* :
Possibilities of measuring reactive power and reactive energy in asymmetric three-phase networks.
Electrotehnica, V(1957) no. 1, p. 19.

NOTES
C.Z. 538.551.2
Stănciulescu, Fl. :
Aperiodic critical running of the series RLC circuit.
Electrotehnica, V (1957) no. 1, p. 27.

DISCUSSIONS, p. 28
ABSTRACTS, p. 30
BOOKS, p. 35
CHRONICLE, p. 36

MAŞINI ELECTRICE

C.Z. 621.333 : 621.313
Ioffe, A.B. :
Despre motorul monofazat cu colector pentru tracţiune la frecvenţa de 50 Hz.
Electricestvo, 76 (1956) 1, p. 26-31.

C.Z. 621.313.323.012 : 621.3.014.33
Tolmaci, I.M. :
Calculul caracteristicilor de pornire la motoarele sincrone după schema echivalentă.
Electricestvo, 76 (1956) 1, p. 32-35

C.Z. 621.313.322.062.1 : 621.3.014.33
Haciaturov, A.A. :
Curenţi de şoc şi cupluri la conectarea nesincronă a generatorilor.
Electricestvo, 76 (1956) 2, p. 21-26.

C.Z. 621.313.32.011.3.08
Namikoianz, L.G. :
Despre măsurarea rezistenţelor reactive supratranzitorii ale maşinilor sincrone prin metode staţionare.
Electricestvo, 76 (1956) 2, p. 62-64.

C.Z. 621.313.3.045.13
Schütte, R. :
Bobinaj cu bare într-un strat, pentru motoare trifazate cu execuţie în „tobă".
Elektrotechn. Z., A. 77 (1956) 1.

ACŢIONĂRI ELECTRICE

CZ. 621.34.077.7 : 621.313.323
Cilichin, M.G., Socolov, M. M., Cliucev, V. I. :
Acţionarea electrică a sincronă reglabilă, cu bobine de saturaţie şi premagnetizarea motorului.
Electricestvo, 76 (1956) 1, p. 21-26

C.Z. 621.34 : 621.375.3
Efanov, A.G., Gulkin, B.M., Reingold, I.R. :
Aplicarea amplificatorilor magnetici în acţionarea electrică.
Electricestvo, 76 (1956) 2, p. 9-14.

C.Z. 621.34.024 : 621.375.3
Reizen, S.S., Goosen, K.I. :
Aplicarea amplificatorilor magnetici în acţionările automatizate cu motoare de curent continuu.
Electricestvo, 76 (1956) 2, p. 59-61

C.Z. 621.313.333.2 : 621.825.54
Friedriech, J.I. şi *Muller, B.* :
Cercetări în relaţiile de pornire ale unui motor cu rotor în scurtcircuit cu cuplă de pornire.
Dtsch. Elektrotechn. 10 (1956) 1

AMPLIFICATORI MAGNETICI

C.Z. 621.375.3.001
Negnevitkchi, I.B. şi *Lipman, D.A.* :
De prè teoria amplificatorului magnetic ideal
Electricestvo, 76 (1956) 1, p. 8-16.

C.Z. 621.375.3.012
Başarin A.V. :
Calculul caracteristicilor amplificatorului magnetic la magnetizare cu cîmp continuu şi alternativ.
Electricestvo, 76 (1956) 1, p. 17-20

C.Z. 621.375.3.001.24
Dunaevsckii S.I. :
Constanta constructivă a amplificatorilor magnetici
Electricestvo, 76 (1956) 2, p. 15-20

APARATE DE ÎNALTĂ TENSIUNE

C.Z. 621.316.545.027.84
Aronovici, I.S. :
Separator de 400 kV pentru linia de transmisie Kuibîşev-Moscova
Electricestvo, 76 (1956) 1, p. 36-41

C.Z. 621.316.545.027.8
Foli, A. şi *Williams, E. A.* :
Separatoare pentru 300—500 kV. Principii noi de proiectare.
Trans. Am. Inst. electr. Engrs. 73 (1954) III-B, p. 1282—1289.

C.Z. 621.316.57.027.84
Greiner, L.K., Afanasiev, V.V :
Construcţia întreruptorilor de 380—400 kV.
Electricestvo, 76 (1956) 2, p. 27-32

C. Z. 621.316.933.6
Rugde, W. I., Mc. Morris, N. A., Howard, S. B. şi *Carpantier, T. S.* :
Noul descărcător de staţie „Magne-Valve" cu tirit.
Trans. Am. Inst. electr. Engrs. 73 (1953) III-B, p. 912—920

C.Z. 621.316.57.027.84 : 621.3.064
Puztriiskii, G.S., Biriukov, S.F. :
Cercetarea capacităţii de stingere a arcului în dispozitivul de rupere la întreruptorul în aer de 400 kV.
Electricestvo, 76 (1956) 2, p. 32-37

RECTIFICĂRI

la volumul anului IV (1956)

Dintr-o regretabilă omisiune de tipar, în comunicarea „Infiinţarea Comitetului Naţional Romîn pentru Participarea la Conferinţele Energetice şi Electrotehnice Internaţionale", publicată în revista Electrotehnica IV (1956) nr. 12, p. 573 componenţa Comitetului Naţional Romîn pentru Participarea la Conferinţa Internaţională a Marilor Reţele Electrice (CIGRE) a apărut incompletă. Astfel a fost omis conf. ing. C.I. Penescu, electrician şef al Institutului de Studii şi Proiectări Energetice.

* * *

În urma sesizării Ing. M. Preda — pentru care îi mulţumesc — am remarcat neconcordanţa dintre textul articolului meu „Scheme de conexiuni ale wattmetrelor obişnuite, pentru măsurarea puterii active respectiv reactive în sisteme trifazate cu conductor neutru", Electrotehnica, IV (1956) nr. 2, p. 56 şi schemele : 5 (tabela 3), 3,4 (tabela 4) . Schemele corecte corespunzătoare textului sînt date în fig. 1, fig. 2, fig. 3, corespunzătoare celor indicate mai sus. Ele pot fi tăiate şi aplicate în locurile indicate.

Ing. D. Fränkel

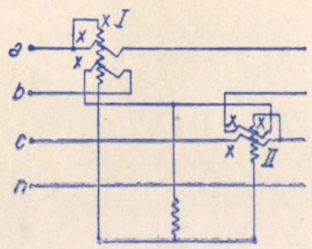


Fig. 1

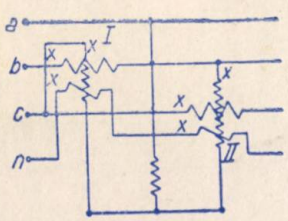


Fig. 2

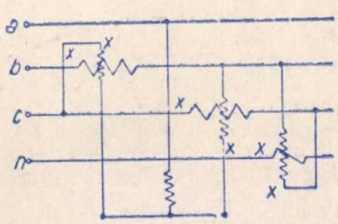


Fig. 3

5 LEI

KAT

ELECTROTEHNICA

Institut. de Documentare Tehnică
BUCUREȘTI
OBMEN - CSERE
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - CMEHA

2

Electrotehnica Anul V Nr. 2 februarie 1957

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU, prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, prof. dr. ing. A. AVRAMESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R. (redactor responsabil), ing. V. BUNEA, laureat al Premiului de Stat, prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU, conf. ing. D. DAMSKER, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. ST. GROSU, ing. GH. HORTOPAN, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. G. LAZARIDE, prof. dr. ing. R. RĂDULET, membru corespondent al Academiei R.P.R. laureat al Premiului de Stat.

Extras din recomandările privind întocmirea articolelor tehnico-științifice

1. *Lucrări ce pot fi prezentate spre publicare sînt: de importanță generală, tehnico-științifice speciale, teoretice sau experimentale și tehnice obișnuite.*
2. *Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învățămînt, producție, este condiția esențială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuție trebuie să se refere la probleme noi și actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde considerații privind eficiența economică a soluțiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.*
3. *Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.*
4. *Lucrări care au mai fost publicate integral sau parțial, nu pot fi trimise redacției spre publicare*
5. *Un scurt rezumat fixînd premizele de la care s-a pornit, problema studiată și cadrul în care este tratată, nedepășind 6—8 rînduri, se va anexa lucrării.*
6. *În introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei și în preocupările producției; de asemenea se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuția autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permițînd inteligibilitatea fără dificultăți a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstrații voluminoase; de asemenea se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată, sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.*
7. *Concluziile vor concentra rezultatele obținute cu indicarea limitei de valabilitate și aplicațiilor posibile.*
8. *Anexele pot cuprinde demonstrații originale sau absolut necesare înțelegerii formulelor din text; de asemenea în anexe se pot da exemple de calcul.*
9. *Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmațiile luate din alte lucrări și care nu sînt în general cunoscute.*
10. *Nivelul articolelor va fi înalt.*
11. *Dezvoltările matematice vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului. Pentru demonstrații se vor alcătui anexe.*
12. *Se recomandă o atenție deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grije literele majuscule, minuscule sau cele ruseşti, romane, greceşti, germane etc.*
13. *Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît și figuri sau tabele) speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale. Pentru cărți: numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet (eventual și tradus în paranteză), ediția, editorul, locul editării, anul. Pentru articole: numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus în paranteze), revista tomul, anul, numărul, paginile.*
14. *Scrisul la mașină al articolelor este recomandat cu insistență exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură față, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.*
15. *Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicații.*
16. *Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. În notă se vor indica: titluri academice, funcțiuni, localitatea și adresa domiciliului, număr de telefon.*
17. *Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora de publicare.*
18. *Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 ore de la primire. Nu se admit modificări esențiale față de manuscris, în care caz ele cad în sarcina autorului.*

Revista „Electrotehnica", organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Energiei Electrice și Industriei Electrotehnice. Editor: Asociația Științifică a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. Redacția: București, Str. Ion Gnica nr. 3, telefon 3 57 28 — 3 07 30. Administrația și Casieria: București, Cal. Victoriei 118, telefon 4 06 24. Redacția își rezervă toate drepturile privind lucrările precum și materialul grafic—ilustrativ apărut în revistă cît și cele privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase, referate sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei. Revista apare lunar. Abonamentul anual: pentru întreprinderi lei 96 și individual lei 30. Prețul unui exemplar: lei 5. Abonamentele se primesc la sediile administrației sau redacției, sus indicate. Tiparul: Întreprinderea Poligrafică nr. 3. București.

ELECTROTEHNICA

Anul V Nr. 2 febr. 1957

SUMAR

CZ 621.311.1 :621.315.52/53

Avramescu, A. :

Conductoare din oţel—aluminiu, în reţele rurale

Electrotehnica, V (1957) nr. 2, p. 37

Se arată proprietăţile fizice ale aluminiului şi a unor aliaje ale aluminiului care intră în construcţia conductoarelor liniilor aeriene. Comparaţia cu cuprul nu este totdeauna defavorabilă aluminiului, mai ales dacă în funii el se combină cu fire de oţel în raporturi diferite. Datele privitoare la caracteristicile de material permit o orientare în proiectarea şi construcţia justă a unor linii aeriene de bună calitate cu economie de materiale deficitare.

CZ 621.313.32 :517.43

Manea, F.:

Ecuaţiile operaţionale generale ale maşinii asincrone

Electrotehnica V (1957) nr. 2, p. 43

Folosind calculul matricial ca metodă de scriere a ecuaţiilor şi schimbare a variabilelor, se obţin ecuaţiile diferenţiale ale regimurilor maşinii asincrone în coordonatele vectorilor reprezentativi rotitori. Se aplică transformata Laplace pentru obţinerea ecuaţiilor operaţionale generale.

CZ 621.313.313.32.013.8

Nedelcu, V.N., Creţu, D. şi *Apetrei, C.* :

Determinarea vitezei de răspuns a excitatoarelo r generatoarelor sincrone

Electrotehnica V (1957) nr. 2, p. 49

Se analizează metodele cunoscute după care se expune o metodă originală pentru determinarea vitezelor de răspuns a excitatoarelor generatoarelor sincrone. Se insistă asupra determinării vitezelor de răspuns la mersul în sarcină a excitatoarelor şi în special a excitatoarelor cu excitaţie paralel, viteze care diferă simţitor de cele determinate la mersul în gol.

CZ 621.316.13.025.3 :621.317.382

Frănkel, D. :

Măsurarea puterii active şi reactive în sisteme trifazate cu trei conductoare, cu un singur wattmetru

Electrotehnica, V (1957) nr. 2, p. 58

Se arată că în sisteme trifazate cu trei conductoare, la simetria tensiunilor de linie, prin folosirea unui filtru pentru obţinerea componentei directe a curentului se poate măsura puterea respectiv energia activă şi reactivă cu un singur wattmetru respectiv contor.

REFERATE, p. 61
RECENZII, p. 64
CRONICA, p. 66

СОДЕРЖАНИЕ

CZ 621.311.1 : 621.315.52/53

Avramescu, A.:
Сталеалюминевые проводники. в сельских сетях.
Elcctrotehnica, V (1957) № 2, стр. 37

Показываются физические свойства алюминия и некоторых его сплавов. которые используются для производства проводников воздушных линий. По сравнению с медью, алюминий ведет себя хорошо, тем более, если медь комбинируется стальными жилами в разных отношениях. Данные о характеристике материала позволяют правильную ориентировку в проектировании и конструкции воздушных линий хорошего качества и экономия дефицитных материалов.

CZ 621.313.32 : 517.43

Manea, F.:
Общие операционные уравнения асинаронных машин.
Electrotehnica, V (1957) № 2, стр. 43

Используя матричное исчисление как метод описания уравнений и изменений переменных, получаются дифференциальные уравнения режимов асинхронных машин во векторных координатах вращения. Применяется преобразование Лапласа для получения общих операционных уравнений.

CZ 621.313.313.32.013.8

Nedelcu, V. N., Creţu, D., Apetrei, C.:
Определение скорости нарастания напряжения возбудителей синхронных генераторов.
Electrotehnica, V (1957) № 2, стр. 49

Анализируются известные методы и излагается оригинальный метод определения скоростей нарастания напряжения возбудителей синхронных генераторов.

Особое внимание уделяется определению параметров возбудителей при нагрузке, т. к. в таком случае эти параметры отличаются от соотвествующих параметров при холостом ходе.

CZ 621.316.13.025.3 : 621.317.382

Fränkel, D.:
Измерение активиой и реактивной мощности с одним ваттметром, в трехфазной системе с тремя проводами.
Electrotehnica, V (1957) № 2, стр. 58

Показывается, что в трехразных системах с тремя проводами и при симметрии напряжений можно измерять мощность, соотвественно, активную и реактивную энергии с одним ваттметром или счетчиком, при использований фильтра для получения прямой составляющей тока.

ОБЗОРЫ, стр. 61
РЕЦЕНЗИИ, стр. 64
ХРОНИКА, стр. 66

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ȘI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Anul V Nr. 2 București, februarie 1957

Országos Műszaki Könyvtár TULAJDONA

Conductoare din oțel-aluminiu în rețele rurale

Prof. dr. ing. A. AVRAMESCU

Membru coresp. al Academiei R.P.R.

Introducerea de conductoare din oțel-aluminiu este de mare importanță economică nu numai pentru construcția liniilor de înaltă tensiune dar și pentru extinderea rețelelor de electrificare rurală. Cunoașterea cît mai exactă a caracteristicilor fizice și a comportării în exploatare a conductoarelor din oțel-aluminiu este de cea mai mare utilitate pentru institutele de proiectări și întreprinderile de exploatare a rețelelor. În articol se dau în mod sintetic datele fizice și se indică modul de întrebuințare pe baza ultimelor relatări din literatura de specialitate.

C.Z. 621.311.1 : 621.315.52/53

Se știe că înlocuirea cuprului cu aluminiul în toate domeniile electrotehnicii [1], dar mai ales în rețelele electrice, de transport și distribuție [2] a înregistrat succese remarcabile pe calea înlocuirii materialelor deficitare, după ce s-a ținut seama de particularitățile fizice, tehnice [3] și tehnologice ale aluminiului [4]. Evoluția tehnică în această privință nu se poate considera închisă. Există încă multe posibilități de a adopta sistemele de distribuție și conductoarele liniilor la condițiile speciale ce se impun în țara noastră în vederea extinderii electrificării, mai ales în zona rurală [5]. Avînd în vedere anvergura lucrărilor prevăzute în al doilea plan cincinal, economia de materiale deficitare ce s-ar putea atinge prin adaptarea unor soluții noi ar putea să fie foarte importantă. Ea ar putea contribui în mod efectiv la reducerea prețului de cost al energiei electrice în zona rurală, condiție importantă în vederea realizării și depășirii planului de electrificare rurală în viitorul cincinal. Evident că în publicațiile de specialitate se găsesc numeroase considerații și propuneri îndreptate în majoritate spre obținerea de economii în construcția și exploatarea rețelelor [6]. De la introducerea aluminiului în construcția rețelelor electrice se știe însă, că pentru a ajunge la rezultate mulțumitoare, trebuie să se impună [7] și să se respecte anumite condiții de proiectarea și construcția rețelelor cu aplicarea unor materiale de înlocuire [8], mai ales în zona cu o densitate mică de consum [9]. De aceea se impune înainte de toate o cercetare minuțioasă a documentației tehnice de bază și a relatărilor celor mai recente privind experiența cîștigată în acest domeniu, în condiții similare [10] sau extreme [11]. În expunere nu se va insista asupra elementelor și detaliilor bine cunoscute și se vor da date numerice și de experiență recente.

1. **Aluminiul ca material de înlocuire.** Materialul care prin proprietățile lui fizice se pretează cel mai bine la înlocuirea cuprului în electrotehnică este aluminiul și cîteva aliaje ale lui. Încercări de înlocuire cu zincul au dat greș, iar cu unele aliaje de zinc-aluminiu nu sînt încă suficient de concludente. Aluminiul nu se poate considera ca un material de înlocuire propriu zis, ci ca un material nou, care față de cupru are și calități nu numai dezavantaje. La întrebuințarea aluminiului nu se mai pune problema revenirii la cupru, chiar dacă acesta ar fi disponibil în mari cantități. Dacă se iau anumite măsuri de precauție, se pot evita, sau în orice caz limita, inconvenientele ce rezultă din proprietățile fizice mai puțin favorabile ale aluminiului și aliajelor lui. Aceste măsuri de precauție s-au stabilit atît ținînd seama de constantele fizice ale materialului cît și de rezultatele unor experiențe de durată care au evidențiat comportarea practică a materialului de înlocuire.

Pentru a se evidenția proprietățile aluminiului în utilizările sale drept conductor de linii electrice, se va face în cele ce urmează o comparație a proprietăților fizice, tehnice și tehnologice ale aluminiului cu celelalte metale utilizate în construcția conductoarelor electrice pentru linii, incluzînd conductoarele din oțel-aluminiu normale [2,3].

2. **Comparația caracteristicilor fizice ale aluminiului și a unor aliaje de aluminiu.** Proprietățile cele mai importante ale metalelor utilizate drept conductoare electrice sînt conductibilitatea electrică și rezistența mecanică. Din ambele puncte de vedere cuprul este superior

aluminiului[1]). Cu toate că puritatea aluminiului utilizat în electrotehnică ajunge pînă la 99,5 %, conductibilitatea lui nu atinge decît 62 % din cea a cuprului. Deci la rezistenţă electrică egală, conductorii de aluminiu trebuie să aibă o secţiune cu circa 61 % mai mare decît cei de cupru. Avînd în vedere greutatea specifică foarte mică a aluminiului (50,4 % din cea a cuprului) se realizează, cu toate acestea, un cîştig de circa 51 % în greutate, faţă de secţiunea de cupru de aceeaşi rezistenţă electrică. La secţiuni egale pierderile în aluminiu pur sînt cu circa 60 % mai mari.

2.1. *Rezistenţa la rupere* a firelor din aluminiu pur este de numai 17—18 kg/mm² faţă de 40—45 kg/mm² la cupru; în plus această rezistenţă variază cu secţiunea, din cauză că aluminiul se întăreşte prin trefilare. Valoarea de 17 kg/mm² se realizează numai la fire de circa 4 mm ∅ pe cînd la fire de 10 mm diametru rezistenţa este de numai 9,5 kg/mm². Astfel utilizarea unor fire de secţiuni mai mari la linii aeriene devine prohibitivă din cauza săgeţilor prea mari şi a distanţei mici între stîlpi ce comportă.

La conductibilitatea electrică egală, firul de cupru suportă o sarcină la tracţiune de cel puţin de două ori mai mare. Or prescripţiile[2]) prevăd tocmai o limită minimă a tracţiunii la care firele liniilor aeriene trebuie să reziste. Cum pentru aluminiu ar rezulta secţiuni minime de circa 18 mm² cu toate dezavantajele aferente (rezistenţa mecanică mai mică), s-a pus de mult problema de a se renunţa la o parte din conductibilitatea aluminiului pur şi a-l înlocui, măcar la liniile aeriene, cu o combinaţie de metale (oţel — aluminiu) sau cu un aliaj al lui, care să aibă o rezistenţă mecanică superioară. Cel mai reuşit din aceste aliaje se numeşte Aldrey (98,5 % Al, cu adaosuri de Si şi Mg). Firele de Aldrey avînd o conductibilitate de 54 % faţă de Cu trebuie să aibă o secţiune cu 82 % mai mare decît cele de cupru de aceeaşi rezistenţă electrică, în schimb au o rezistenţă mecanică de circa 28 kg/mm² ceea ce, împreună cu greutatea mai redusă, le face comparabile cu conductoarele de cupru din punctul de vedere al construcţiei liniilor aeriene de joasă tensiune.

În afară de conductibilitatea electrică şi rezistenţa mecanică mai există şi alte proprietăţi fizice care trebue să fie luate în considerare la înlocuirea cuprului prin aluminiu.

2.2. *Solicitarea termică* a conductoarelor de aluminiu poate să fie mai mare la rezistenţă electrică egală cu a celor de cupru, deoarece prin suprafaţa cu 25 % mai mare la aluminiu şi cu 35 % la Aldrey se disipă mai multă căldură. Secţiunea de aluminiu la care se produce aceeaşi încălzire ca la cupru este cu numai 40% mai mare decît la cupru. Pentru aceeaşi încălzire densitatea de curent poate să fie la aluminiu cu 5 %, la Aldrey cu 8 % mai mare ca la cupru.

2.3. *Încălzirea la suprasarcini* de scurtă durată depinde de constantele fizice şi nu trebuie să întreacă în nici un caz temperatura de 200°C, spre a nu se produce modificări în structura metalică. Pentru aceasta la aluminiu densitatea de curent admisibilă este de 67% din cea admisă pentru cupru. Pentru a topi conductorul în scurt timp se necesită o densitate de curent cu 60 % mai mare la cupru decît la aluminiu.

2.4. *Rezistenţa la solicitări mecanice de durată* este diferită, în sensul că aluminiul cedează la solicitări de acest fel mult mai uşor decît cuprul. Încercările pentru a putea defini mai precis această comportare nu au reuşit pînă în prezent decît parţial, sîntem deci avizaţi la rezultate de cercetări experimentale pentru cazuri concrete. Această comportare a aluminiului are dezavantaje mari în ceea ce priveşte dimensionarea şi proiectarea contactelor permanente şi mobile, cît şi manipularea şi fixarea firelor de aluminiu, la montarea lor pe linii aeriene.

La contacte permanente prin înşurubări, presiunea iniţială în contact scade din cauza deformării plastice a materialului; prin aceasta se măreşte rezistenţa de contact şi încălzirea. Ridicîndu-se temperatura contactului, scade rezistenţa mecanică şi mai mult, iar materialul devine mai plastic. Astfel contactele fixe de aluminiu nu dau în general satisfacţie; cu atît mai puţin cele mobile sau nepermanente (întreruptoare) din cauză că la acestea mai intervine şi influenţa oxidării.

2.5 *Oxidarea superficială* a aluminiului este un fenomen ce practic nu se poate evita. Aluminiul pur se acoperă în atmosferă imediat cu o pătură subţire de oxid de aluminiu, care creşte încet, dar ajunge la o limită. Oxidul de aluminiu fiind foarte stabil, protejează metalul de influenţele chimice ale atmosferei ceea ce este un avantaj la linii aeriene, însă un mare dezavantaj la contactele electrice, unde pătura de oxid poate să izoleze cu timpul părţile în contact. Oxidarea contactelor se accelerează cu atît mai mult cu cît umiditatea în atmosfera înconjurătoare este mai mare.

Rezistenţa la coroziune a aluminiului şi a aliajelor lui este suficient de mare din cauza protecţiei pe care o oferă stratul subţire şi stabil de oxid, care acoperă conductorul. Umiditatea atmosferică nu atacă suprafaţa metalică, decît în punctele de contact cu metale a căror potenţial în seria lui Volta este mult pozitiv. În această privinţă cuprul exercită o influenţă foarte periculoasă. La contactul între cupru şi aluminiu primul ia o tensiune de contact de + 0,5 V faţă de cel din urmă, producînd,

[1]) Pentru această comparaţie a se vedea tabela din anexa 1.
[2]) V. anexa 2.

în prezența unui electrolit un element a cărei acțiune distruge cu timpul metalele în contact. De aceea în tehnologia aluminiului, la topire și mai ales la trefilare trebuie să se evite cu desăvîrșire ca mici particule de cupru să fie incluse în masa aluminiului. De asemenea contactele între conductoare de cupru și aluminiu se fac sau prin intermediul unui alt metal, de exemplu zincul (cleme de fier zincat) sau printr-o joncțiune interioară între cupru și aluminiu în care să nu poată pătrunde umezeala. În orice caz stabilirea contactului electric între conductoare de cupru și aluminiu nu se poate face fără precauțiuni speciale. Se cunosc însă soluții tehnice satisfăcătoare pentru rezolvarea acestei probleme. Rămîne totuși de a alege soluția cea mai convenabilă pentru condițiile din țara noastră.

2.6. *Alte proprietăți* pot influența prin diversitatea lor întrebuințarea metalelor respective în electrotehnică, totuși influențele respective sînt mai puțin importante, decît cele enumerate mai sus. Bănuiala că aluminiul, din cauza temperaturii de fuziune mult mai redusă (658°C) față de cea a cuprului (1083 °C)rezistă mult mai puțin la efectele termice ale piciorului unor arcuri electrice nu s-a confirmat nici teoretic și nici experimental. În funcție de intensitatea curentului din arc stricăciunile, superficiale sînt aproximativ aceleași, cu diferența că arcul degajă din cupru un fum gros de culoare închisă pe cînd din aluminiu mai puțin fum alburiu [12].

3. **Comportarea conductelor din aluminiu și oțel-aluminiu în rețele.** Experiența cîștigată în exploatare cu linii din aluminiu pur este în general favorabilă, dacă se iau anumite precauțiuni [13—15]. Rezistența mecanică a aluminiului pur fiind considerabil mai mică decît a cuprului, cu toată greutatea mai redusă a aluminiului, rezultă deschideri mai mici și tensiuni de întindere reduse. Din această cauză funiile de aluminiu pur se potrivesc mai mult pentru rețele de distribuție locală decît pentru cele de distribuție regională sau de transport. Acest fapt este în concordanță cu experiența cîștigată în țara noastră (pe Bărăgan) cu linii de distribuție regională [16]. În schimb funiile de oțel aluminiu normale au la conductibilitate egală o rezistență la rupere (la funii de Ol — Al 1 : 6 cu 54 %) mai mare decît funiile de cupru (fig. 1). Din acest motiv funiile de Ol — Al sînt indicate mai ales în regiuni cu sarcini accidentale mari, de chiciură și zăpadă, cît și pentru linii cu deschideri mari, deci tocmai pentru liniile de distribuție regională și locală în mediul rural. Faptul că secțiunile conductoare sînt la diametru egal mai mici decît la funii din cupru sau aluminiu pur este mai degrabă un avantaj în plus, deoarece sarcinile în mediu rural sînt relativ mici și secțiunea conductoare poate fi mai bine utilizată. Din aceste motive funiile din oțel-aluminiu se vor reexamina în mod deosebit în cele ce urmează [2].

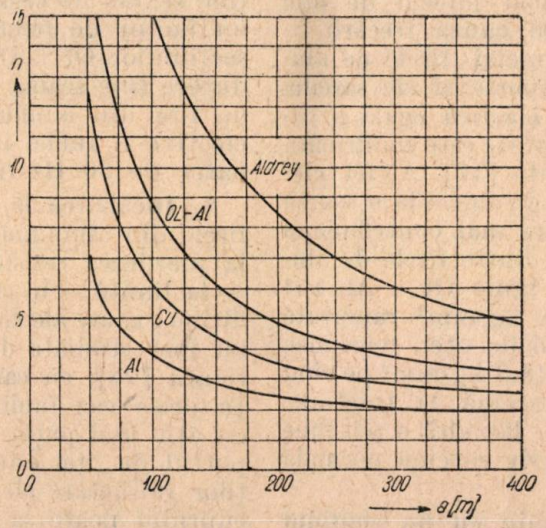


Fig. 1. Supraîncărcarea pînă la rupere a unor funii conductoare în funcție de deschidere.

3.1. *Greutatea funiilor* de Ol — Al 1 : 6 (un fir miez de oțel și 6 fire din aluminiu pur înfuniate în jurul lui) la conductibilitate egală este 72,4 % din greutatea funiei de cupru respectivă, acest raport fiind de 48,8 % pentru aluminiu pur.

3.2. *Lungimea de rupere* sub greutatea proprie, anume raportul dintre tensiunea de rupere și greutatea specifică, este un parametru important pentru aprecierea comportării în linii aeriene a conductoarelor. Această lungime este de 4 500 m pentru cupru, 6 870 m pentru aluminiul pur și 8 700 m pentru Ol — Al 1 : 6, raporturile procentuale fiind 100, 148, 193 %.

3.3. *Deschiderea limită* este fixată de norme în funcție de secțiune, lungimea de rupere și sarcină, normală de chiciură și zăpadă.

Există tabele în care se dau valorile deschiderilor limită de ex. în VDE 0210 (VEL).

3.4. *Săgeata* normală este direct influențată de lungimea de rupere și este în cazul funiilor din oțel aluminiu mai mică decît a funiilor din cupru.

3.5. *Greutatea stîlpilor și a fundațiilor* este direct influențată de săgeata și tracțiunea în funii și joacă un rol important în balanța de cheltuieli. La funii de Ol — Al normale săgeata fiind mai mică decît la cupru, stîlpii sînt în general mai ușori și anume atît cei de susținere, cît și cei de întindere și speciali — considerînd același traseu.

3.6. *Deschideri mai mari* la funiile de Ol — Al decît la cupru scad cheltuielile de investiții în stîlpi, iar numărul mai redus de stîlpi înseamnă implicit o probabilitate mai redusă de defectări, deci o siguranță mai mare în exploatare. Există însă o deschidere economică la întrecerea căreia greutatea mai mare a stîlpilor și fundațiilor întrece sau compensează cîștigul obținut prin reducerea numărului stîlpilor.

3.7. *Tensiunile maxime admisibile în funii* se stabilesc

prin standarde și norme (STAS 1531—50 VDE 0210). Ele sînt pentru linii de categoria I și STAS R 1833—50 și

funii din aluminiu pur	8 kg/mm²
funii în oțel — aluminiu 1 : 6	11 kg/mm²

Este însă indicat a nu se calcula în proiecte cu aceste tensiuni, ci cu valori reduse cu circa 10% față de tensiunile maxime admisibile, deci pentru aluminiu pur cu 7 kg/mm² iar pentru oțel-aluminiu 1 : 6 cu 10 kg/mm². Aceste tensiuni se recomandă în legătură cu pericolul de rupere în urma oscilațiilor ce apar după căderea sarcinii suplimentare de chiciură, ceea ce poate duce la deranjamente grave în rețea. În rețele de joasă tensiune se recomandă întinderea liniilor cu o tensiune și mai redusă. Rezultă în consecință, deschideri limită mai reduse decît cele corespunzătoare tensiunilor admisibile maxime, și anume aproximativ 200 m pentru funii de aluminiu și 300 m pentru funii de oțel aluminiu 1:6.

4. **Funii de oțel — aluminiu cu un conținut mai mare de oțel** sînt cunoscute și întrebuințate la secțiuni maxime (de Al) mai mari de 35 mm² pentru raportul 1 :4 și de 185 mm² pentru raportul 1 : 3. Oțelul se dispune în miezul funiei în 1 — 3 straturi, firele din aluminiu la periferie, preferabil în 2 sau 4 straturi pentru a reduce rezistența efectivă la curent alternativ prin înfuniere în sens opus a straturilor consecutive. Cum la aceste funii contribuția firelor de aluminiu la rezistența mecanică este relativ și mai mică decît la funiile 1 : 6 se pune problema dacă mai este cazul să se țină seama de ea în rezistența funiei de aluminiu sau să se calculeze numai cu contribuția oțelului, considerînd aluminiul ca o sarcină suplimentară. Față de această alternativă mai veche astăzi se include în calcule și contribuția aluminiului din următoarele motive. Indiferent dacă aceste funii se întind fixînd numai miezul de oțel totuși s-a constatat că din cauza frecării firelor în funie după cîțiva metri firele de aluminiu sînt antrenate să suporte și ele sarcina ce le revine din alungirea elastică egală a tuturor firelor. Această comportare este confirmată de cercetări sovietice recente [17]. Astfel clemele de curent, care se află de obicei la o scurtă distanță de cele de întindere mai contribuie și ele la consolidarea unității dintre firele de aluminiu și oțel. Astfel la o funie Ol — Al 1 :4 întinsă cu o tensiune de 40 kg/mm² raportată numai la secțiunea miezului de oțel, tensiunea reală în oțel este de numai 18,3 kg/mm² pe cînd aluminiul presupus fără sarcină la tracțiune este solicitat la 5,1 kg/mm². Rezultă o tensiune medie de 7,6 kg/mm² inclusiv sarcina normală de chiciură [2].

5. **Funii de oțel — aluminiu cu un conținut mai mic de oțel.** În Uniunea Sovietică un colectiv condus de profesorul A.A. Glazunov [18] pe baza unui studiu documentat a făcut o propunere pentru noi tipuri de funii de Ol — Al cu un conținut mai mic de Ol decît rapoartele obișnuite. Studiul se referă în special la conductoare cu secțiuni peste 120 mm². Într-adevăr la aceste secțiuni raportul se ia de obicei 1 : 4 sau 1 : 3 (a se vedea anexa 2). Prof. A.A.Glazunov demonstrează că aceste rapoarte sînt neeconomice și că fără a se renunța la rezistența mecanică prevăzută de standarde, se pot imagina construcții de funii care să realizeze o economie de oțel, la secțiuni egale conducătoare (Al). Evident astfel de funii nu se pot aplica decît în rețele de foarte înaltă tensiune.

6. **Rezistența față de solicitări termice** ale funiilor de oțel-aluminiu este în multe privințe mai mare decît cea a funiilor de cupru la încălziri staționare, din cauza suprafeței mai mari de radiere, la cele tranzitorii din cauza căldurii specifice și căldurii latente de topire mult mai mari ale aluminiului (tabela din anexă). Secțiunile funiilor din Cu, Al, Ol — Al 1 : 6 și 1 : 3 de egală conductivitate se raportă ca 100; 160; 186; 214, deci diametrele sau suprafețele exterioare ca 100; 126,5; 137; 146,5. La curenți egali încălzirea ar scădea în aceeași proporție dacă funiile de secțiune mai mare nu s-ar încălzi, la densitate de curent egală, mai mult. La temperaturi maxime egale funiile de aluminiu se pot solicita cu densități cu aproximativ 5%, cele de oțel — aluminiu 1 : 6 cu 8—9% mai mari decît cele de cupru.

7. **Încălzirea staționară** se limitează la 80°C din motive de a nu se pierde din rezistența funiilor. Considerînd posibilitatea ca liniile să ia vara la soare temperatura de + 40°C fără curent, rezultă o supratemperatură admisă de 40°C. În aceste condiții rezultă anumite densități de curent admisibile în funiile de aluminiu pur [19]. Pentru funii de oțel — aluminiu se calculează cu secțiunea întreagă (pentru a ține seama de cedarea de căldură), și se aplică un factor de reducere în funcție de raportul secțiunilor Ol : Al. Un al doilea factor de reducere ține seama — la funii cu un singur strat de fire din aluminiu—de creșterea rezistenței efective a funiei în funcție de curentul alternativ de 50 Hz (fig. 2—4).

8. **Încălzirea la scurtcircuit** solicită mai ales firele din aluminiu cu temperaturi ce pot duce la pierderea rezistenței mecanice prin trecerea — la limită — în starea moale (recoaptă). Condițiile exacte ale comportării firelor de aluminiu au fost studiate de autor într-o lucrare anterioară [20], cu caracter teoretic-experimental. În orice caz funiile de oțel — aluminiu pierd cu atît mai puțin din rezistența lor cu cît raportul de oțel este mai mare, datorită calităților refractare ale oțelului. Pe cînd rezistența cuprului poate să scadă la 290°C la 60% cea a aluminiului la 250°C la 50% din cea inițială prin trecerea în stare necoaptă; la funii de oțel-

aluminiu de 1 : 6 rezistența nu poate scade sub 70% din cea inițială. Dacă se calculează energia necesară încălzirii la o temperatură la care se

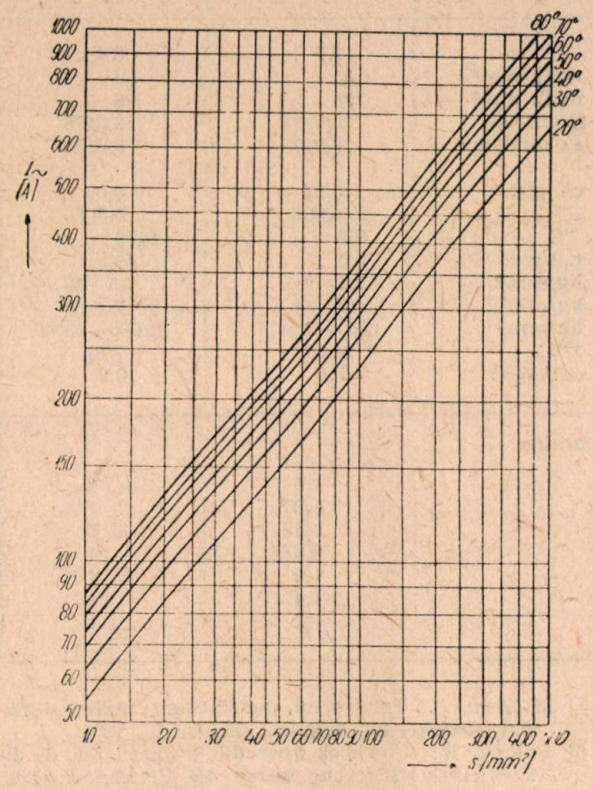


Fig. 2. Curentul staționar admisibil pentru diferite supratemperaturi ale funiilor din aluminiu pur în aer staționar.

produce o scădere cu 5% a rezistenței, se pot obține următoarele valori relative ale curentului de scurtcircuit de durată de 3 s:

cupru	100%
aluminiu	98,5%
Ol — Al 1 : 6	107%
Ol — Al 1 : 4	109%
Ol — Al 1 : 3	114%

Un curent care produce o pierdere de 40% de rezistență la cupru nu poate scădea rezistența funiilor de Ol—Al 1 : 6 cu mai mult de 15%, la cele cu un raport mai mare de oțel, cu mai puțin de 15%.

9. Concluzii :

9.1 În lucrările de proiectare și construcție a rețelelor electrice aluminiul nu trebuie considerat ca un material de înlocuire a cuprului, ci ca un conductor care are și avantaje față de cupru, mai ales dacă se întrebuințează sub forma de funii de oțel-aluminiu.

9.2. Examinarea atentă a caracteristicilor fizice ale aluminiului și compararea lor cu cele ale altor conductoare permite evidențierea proprietăților favorabile sau defavorabile ale aluminiului și stabilirea măsurilor celor mai adecvate pentru tratarea și întrebuințarea justă a acestui conductor mai ales în rețele rurale.

9.3. Experiența cîștigată pînă în prezent în exploatare asupra comportării diferitelor tipuri de conductoare de aluminiu în condiții exterioare foarte variate este, în general, favorabilă mai ales pentru funiile de oțel-aluminiu. Compoziția funiilor, adică raportul oțel-aluminiu poate să varieze în funcție de necesități, rezultînd caracteristici foarte favorabile.

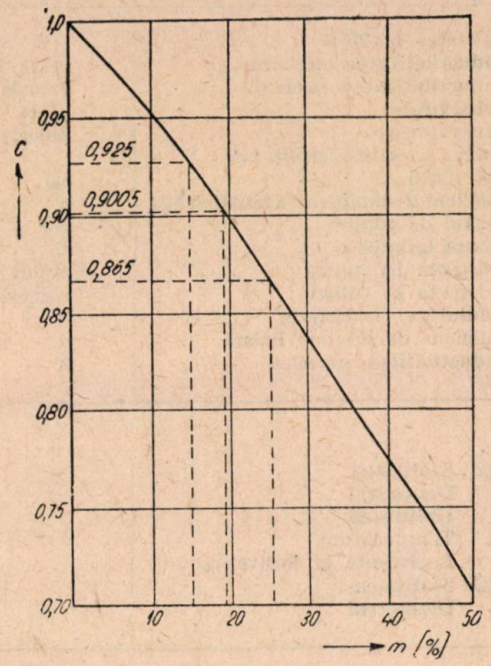


Fig. 3. Factor de corecție f_1 pentru funii de oțel-aluminiu în funcție de conținutul procentual de oțel 100/m %.

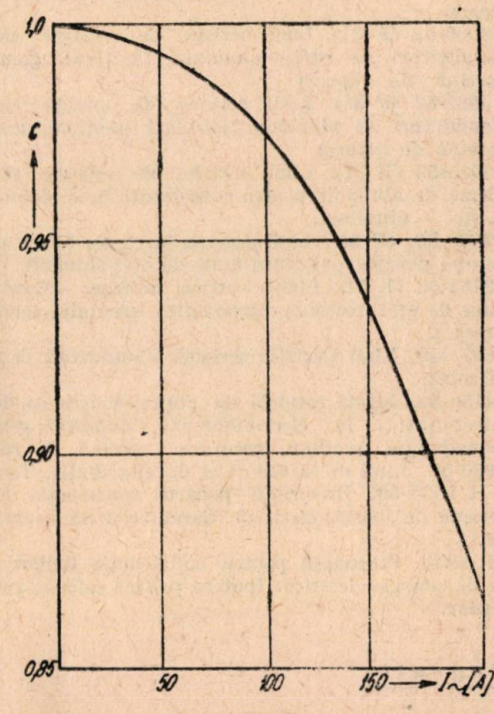


Fig. 4. Factor de corecție f_2 pentru funii de oțel-aluminiu cu un singur strat de fire din aluminiu, în funcție de curentul staționar admisibil.

Anexa 1 Constantele de material ale aluminiului şi cuprului electrotehnic

Caracteristici	Simbol	Unităţi	Aluminiu	Cupru
Densitatea la 20°C	δ		2,7	8,9
Conductibilitatea electrică	γtare	m/Ω mm²	35	56
Conductibilitatea electrică	γmoale	m/Ω mm²	36	58
Rezistivitate	ρtare	Ω mm²/m	0,0286	0,0178
Rezistivitate	ρmoale	Ω mm²/m	0,0278	0,0172
Căldura specifică medie între 1 şi 100°C	c_m	cal/g°C	0,22	0,09
Coeficient de temperat. a rezistivităţii	α	1/°C	0,004	0,0038
Punctul de topire	S	°C	658	1083
Căldura latentă	L	cal/g	100	43,3
Rezistenţa la rupere	$\sigma_r$tare	kg/mm²	14—25	35—45
Rezistenţa la rupere	$\sigma_r$moale	kg/mm²	10—14	25—35
Modulul de elasticitate	E	kg/mm²	6000—7000	12000—13000
Coeficient de dilatare liniară	α	1/°C	24.10	17.10
Conductibilitate termică	λ	cal/cm°C	0,5	0,9
		Date comparative		
ρegal Secţiunea	s		1,6	1
Diametrul	d		1,27	1
Greutatea	G		0,49	1
Temperatura	θ		0,83	1
Rezistenţă la încovoiere	σ_i		1,0	1
θegal Secţiunea	s		1,4	1
Diametrul	d		1,2	1

Anexa 2 Lista STAS-urilor referitoare la conductorii liniilor aeriene

STAS 1530-50 (F 31). Conductori electrici neizolaţi. Clasificare.

STAS 3000-52 (F 31). Linii aeriene de energie electrică Conductori de oţel — aluminiu (secţiuni, greutate sarcină de rupere)

STAS 3032-52 (F 31). Linii aeriene de energie electrică Conductori de aluminiu neizolaţi (secţiuni, greutate, sarcină de rupere)

STAS 3033-52 (F 31). Linii aeriene de energie electrică Sîrmă de aluminiu pentru conductori, funie de aluminiu şi oţel — aluminiu.

STAS 3733-53 (F 31). Linii electrice aeriene. Sîrmă zincată de oţel pentru conductori funie de oţel-aluminiu.

STAS 3734-53 (F 31). Linii electrice aeriene. — Conductori funie de oţel (secţiuni, componenţă, greutate, sarcina de rupere).

STAS 687 -49. Linii electrice aeriene. Conductori de cupru neizolaţi.

STAS 4130-53. Sîrmă rotundă de cupru pentru conductori întrebuinţaţi în electrotehnică. Condiţii generale. (construcţie, secţiuni, greutate, sarcină de rupere).

STAS 930-50. Linii de transport şi de distribuţie. Tensiuni.

STAS R 1531-50. Prescripţii pentru construcţia liniilor aeriene de energie electrică. Caracteristicile conductorilor.

STAS R-1833. Prescripţii pentru construcţia liniilor aeriene de energie electrică. Ipoteze pentru calculul conductorilor.

Bibliografie

[1] *Zaimovschi, A. S.* şi *Usov, V. V.*: Metalli i splavi v elektrotehniki. Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad, 1949 (Ed. Energ. Stat, Bucureşti, 1953).

[2] *Behrens, P., Lux, L.* şi *Neftger, I.*: Aluminium Freileitungen. Alu-Zentrale, Berlin, 1940.

[3] Aluminium Zentrale: Aluminium Taschenbuch. Alu-Zentrale, Berlin, 1937.

[4] *Zerrleder, A. V.*: Die Technologie des Aluminiums und seiner Legierungen. Akad. Verlag-Ges, Leipzig, 1936.

[5] *Militaru, P.*: Transportul, distribuţia şi utilizarea energiei electrice. Ed. Tehnică, Bucureşti, 1951.

[6] *Bolling, W.*: Überblick über die Probleme vor die die Elektrizitätsversorgung durch die Einschränkung des Kupferverbrauches gestellt ist. VDE-Fachbericht, 7 (1953) 53.

[7] WEV: Umstellung auf Aluminium im Freileitungsbau, Elektrizitätswirtschaft, 33 (1934) 116.

[8] *Weickert, F.*: Berechnung elektrischer Leitungsquerschnitte unter besonderer Berücksichtigung der Ersatz materialien für Kupfer. Jänecke, Leipzig, 1937.

[9] *Bolling, W.*: Elektrifizierung dünnbesiedelter Gebiete, VDE-Fachbericht, 8 (1936) 18—22.

[10] Aluminium in der Elektrotechnik. Dtsch. Elektrotechn. (1949) Sonderheft.

[11] *Donald, Mc. F.*: The trend to aluminium conductors. S. Africa electr. Rev. 43 (1953) 25—28.

[12] *Fuchs* şi *Kaufmann*: Lichtbogeneinwirkungen an Freileitungsseilen. Elektrotechn. Z. (ETZ) 49 (1928) 4, 126—128.

[13] *Chiolén L.*: Experiences faites par l'EOS avec l'aluminium, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 33 (1942) 4, 85—94.

[14] *Zaruski, A.*: Die Verwendung von Aluminium in Hochspannungsverteilnetzen u. Hausinstallationen, Bull. schweiz. elektrotehn. Ver. 32 (1941) 24, 645—55.

[15] *Preiswerk, M.*: Technologisches über Aluminium für Freileitungen, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 32 (1941) 24, 655—59.

[16] *Avramescu, A.*: Influenţele viscolului asupra reţelelor electrice, Energetica 2 (1954) 3, 109—115.

[17] *Belousov, M. M.*: Rasciot stalaluminievăh provodov po ih deist vitelnim harakteristikam, Electricestvo 1953, 4, 7—13.

[18] *Glazunov, A. A.*; *Glazunov, A. A., Rozanov, G. M.*: Raportul raţional, din punct de vedere economic, al secţiunilor de Al şi Ol. Electricestvo, 1952, 5, p. 10.

[19] *Avramescu, A.*: Erwärmungsberechnungen elektrischer Leiter. Habil. Diss. T. H. Dresden, 1943, Bul. IRE 11 (1943) 3/4, 301—412.

[20] *Avramescu, A.* şi *Mastero, S.*: Incălzirea la scurtcircuite a conductorilor de aluminiu. Studii şi cercetări de energetică 3 (1953) 127—184.

Ecuaţiile operaţionale generale ale maşinii asincrone*

(Comunicare din Institutul Politehnic din Bucureşti)

Ing. F. MANEA

Teoria unitară a maşinilor electrice profită adesea de ajutorul unor instrumente matematice de recentă aplicaţie. Astfel, în lucrarea de faţă, autorul reuşeşte prin aplicarea calculului cu cantităţi complexe, calculului matricial şi al transformării Laplace să exprime ecuaţiile fundamentale ale maşinii asincrone într-o formă cu totul generală, din care parametrii principali se pot deduce uşor.

C.Z. 621.313.32 : 517.43

Motorul asincron, ca cea mai răspîndită maşină electrică a format, de mult timp şi mai formează încă, obiectul a numeroase studii ale diverselor sale regimuri de funcţionare.

Dacă funcţionarea staţionară şi cea tranzitorie electromecanică au devenit probleme clasice, regimurile electromagnetice tranzitorii constituie încă o problemă specială. În studiul acestor regimuri se foloseşte metoda calculului simbolic, a operatorului lui Heaviside [1], [2], [3] şi a vectorilor reprezentativi de pulsaţie generalizată, cu scheme echivalente [4] sau fără scheme echivalente [5].

Aceste metode permit determinare soluţiilor generale (componente libere) ale ecuaţiilor diferenţiale. Pentru găsirea soluţiei complete se utilizează suprapunerea efectelor ţinînd seama de condiţiile iniţiale pentru determinarea constantelor de integrare şi de soluţiile particulare (componente forţate).

In cele ce urmează se va utiliza metoda mai cuprinzătoare, riguroasă şi sigură a calculului operaţional cu ajutorul transformatei Laplace. Aceasta prezintă avantajul de a reda soluţia completă a problemei în orice condiţii fără a mai fi necesare precauţii deosebite precum şi cunoaşterea formei soluţiilor. Se va folosi calculul matricial ca metodă de scriere şi schimbare a coordonatelor [6].

Pentru simplificarea şi generalizarea ecuaţiilor maşinii se vor utiliza vectorii reprezentativi rotitori ai fluxurilor magnetice învîrtitoare, curenţilor şi tensiunilor.

*) Lucrare efectuată în cadrul catedrei de Electrotehnică şi expusă la sesiunea de comunicări, din iunie 1956, a Inst. Politehnic din Bucureşti.

Ecuaţiile finale operaţionale ale maşinii se vor scrie ca relaţii explicite între tensiuni şi curenţi în condiţii iniţiale nenule.

Această metodă de tratare a problemei nu a fost întîlnită în literatura de specialitate.

1. **Relaţiile dintre fluxurile şi curenţii maşinii date.** Indiferent de modul de conexiune vom reprezenta schematic înfăşurările maşinii ca în fig. 1, în care a, b, c, reprezintă înfăşurările

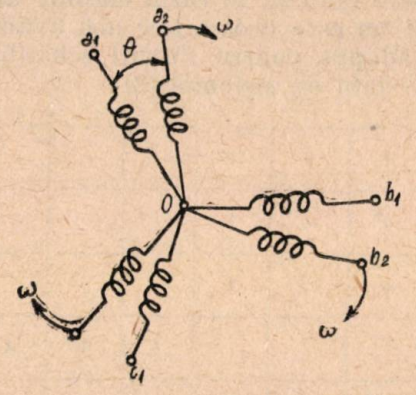


Fig. 1. Reprezentarea schematică a înfăşurărilor maşinii asincrone

statorului, a_2, b_2, c_2 cele ale rotorului, ω viteza de rotaţie iar θ unghiul relativ dintre axele fazelor statorice şi rotorice corespunzătoare ($\theta = \omega t + \theta_0$).

Fluxurile cîmpurilor de inducţie magnetică (ψ) îmbrăţişate respectiv de cele şase înfăşurări şi liniile tensiunilor la borne corespunzătoare sînt date de relaţia (1) ca funcţii de inductanţele proprii L şi mutuale M şi curenţi i.

$$
\begin{vmatrix} \psi_1^a \\ \psi_1^b \\ \psi_1^c \\ \psi_2^a \\ \psi_2^b \\ \psi_2^c \end{vmatrix} =
\begin{vmatrix}
L_1^s + M & M_1^s - \frac{M}{2} & M_1^s - \frac{M}{2} & M\cos\theta & M\cos\left(\theta + 2\frac{\pi}{3}\right) & M\cos\left(\theta - 2\frac{\pi}{3}\right) \\
M_1^s - \frac{M}{2} & L_1^s + M & M_1^s - \frac{M}{2} & M\cos\left(\theta - 2\frac{\pi}{3}\right) & M\cos\theta & M\cos\left(\theta + 2\frac{\pi}{3}\right) \\
M_1^s - \frac{M}{2} & M_1^s - \frac{M}{2} & L_1^s + M & M\cos\left(\theta + 2\frac{\pi}{3}\right) & M\cos\left(\theta - 2\frac{\pi}{3}\right) & M\cos\theta \\
M\cos(-\theta) & M\cos\left(-\theta + 2\frac{\pi}{3}\right) & M\cos\left(-\theta - 2\frac{\pi}{3}\right) & L_2^s + M & M_2^s - \frac{M}{2} & M_2^s - \frac{M}{2} \\
M\cos\left(-\theta - 2\frac{\pi}{3}\right) & M\cos(-\theta) & M\cos\left(-\theta + 2\frac{\pi}{3}\right) & M_2^s - \frac{M}{2} & L_2^s + M & M_2^s - \frac{M}{2} \\
M\cos\left(-\theta + 2\frac{\pi}{3}\right) & M\cos\left(-\theta - 2\frac{\pi}{3}\right) & M\cos(-\theta) & M_2^s - \frac{M}{2} & M_2^s - \frac{M}{2} & L_2^s + M
\end{vmatrix}
\cdot
\begin{vmatrix} i_1^a \\ i_1^b \\ i_1^c \\ i_2^a \\ i_2^b \\ i_2^c \end{vmatrix}
\qquad (1)
$$

Inductanța mutuală M se referă la fluxul unei faze a statorului care străbate rotorul și reciproc; L_1^s și L_2^s corespund scăpărilor de flux ale fiecărei faze a statorului față de rotor și respectiv rotorului față de stator, iar M_1^s și M_2^s scăpărilor de flux ale unei faze statorice față de fiecare din celelalte faze statorice, respectiv faze rotorice față de fiecare fază rotorică.

S-a considerat cazul mașinii asincrone ideale, cu înfășurări simetrice, forțe magnetomotoare și fluxuri cu repartiție sinusoidală, inductanțe proprii independente de poziția rotorului; histerezis, curenți turbionari și saturație neglijabile. Toate mărimile sînt „raportate" (la stator sau rotor).

2. Relațiile dintre fluxurile și curenții mașinii transformate. Ecuațiile (1) reprezintă relații complicate. De aceea este preferabilă o anumită schimbare a coordonatelor care să simplifice relațiile. Utilizarea axelor d, q, o, specifică mașinilor sincrone, care au două axe de simetrie radială, în cazul mașinii asincrone simetrice nu este necesară și nici avantajoasă.

Vom adopta pentru fluxuri schimbarea de variabile dată de sistemul (2):

$$\begin{vmatrix} \psi_1^a \\ \psi_1^b \\ \psi_1^c \\ \psi_2^a \\ \psi_2^b \\ \psi_2^c \end{vmatrix} = \frac{1}{2} \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & & & \\ a^2 & a & 1 & & & \\ a & a^2 & 1 & & & \\ & & & 1 & 1 & 1 \\ & & & a^2 & a & 1 \\ & & & a & a^2 & 1 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \psi_1^+ \\ \psi_1^- \\ \psi_1^0 \\ \psi_2^+ \\ \psi_2^- \\ \psi_2^0 \end{vmatrix}$$

Transformarea inversă corespunde relațiilor (3)

$$\begin{vmatrix} \psi_1^+ \\ \psi_1^- \\ \psi_1^0 \\ \psi_2^+ \\ \psi_2^- \\ \psi_2^0 \end{vmatrix} = \frac{2}{3} \begin{vmatrix} 1 & a & a^2 & & & \\ 1 & a^2 & a & & & \\ 1 & 1 & 1 & & & \\ & & & 1 & a & a^2 \\ & & & 1 & a^2 & a \\ & & & 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \psi_1^a \\ \psi_1^b \\ \psi_1^c \\ \psi_2^a \\ \psi_2^b \\ \psi_2^c \end{vmatrix}$$

Aceste relații definesc noi variabile ψ_1^+, ψ_1^-, ψ_1^0 mărimi proporționale fluxurilor magnetice rotitoare.

Variabile analoge au fost utilizate de I.H. Ku [7] în studiul scurtcircuitului simetric al mașinii sincrone, interpretîndu-le drept vectori reprezentativi ai componentelor simetrice.

Pentru a vedea care este sensul fizic al noilor variabile vom prezenta în anexa 1 cîteva considerații sumare asupra cîmpurilor învîrtitoare la mașinile trifazate.

Noile variabile, $\psi_1^+ = \frac{2}{3}\psi_1^r$; $\psi_1^- = \frac{2}{3}\psi_1^{r*}$, (conjugatul complex) nu reprezintă în general componente simetrice ci vectori reprezentativi ai fluxurilor rotitoare. ψ_1^0 este proporțional fluxului omopolar.

Ca și pentru fluxuri, vom adopta o schimbare a variabilelor pentru curenți. Vom scrie (2) sub forma prescurtată (4):

$$\| \psi \| = \| C_\psi \| \cdot \| \psi' \| \qquad (4)$$

În mod analog, pentru curenți avem (5):

$$\| i \| = \| C_i \| \cdot \| i' \| \qquad (5)$$

Condiția de invarianță a energiei magnetice ne dă relația suplimentară necesară (6):

$$\| \psi_t \| \cdot \| i \|^* = K \| \psi_t' \| \cdot \| i' \|^* \qquad (6)$$

Aici, K este o constantă ce va fi determinată ulterior. Substituind (4) și (5) în (6) rezultă:

$$\| \psi_t' \| \cdot \| C_{\psi t} \| \cdot \| C_i^* \| \cdot \| i' \|^* = K. \ \| \psi_t' \| \cdot \| i' \|^*$$

Această relație fiind valabilă pentru orice $\| i' \|^*$ și $\| \psi_t' \|$ simplificăm spre a obține (7):

$$\| C_{\psi_t} \| \cdot \| C_i^* \| = K. \qquad (7)$$

Pentru un K determinat, rezultă

$$\| C_i \| = K. \| C_{\psi_t}^* \|^{-1}$$

Dacă vom alege $\| C_i \| = \| C_\psi \|$ va rezulta în consecință K. Scriind (1) sub forma $\| \psi \| = \| L \| \cdot \| i \|$, dacă substituim (4) și (5) avem: $\| C_\psi \| . \| \psi' \| = \| L \| \cdot \| C_i \| \cdot \| i' \|$ sau (8):

$$\| \psi' \| = \| C_\psi \|^{-1} \cdot \| L \| \cdot \| C_i \| \cdot \| i' \| \qquad (8)$$

Deoarece pentru mașina transformată avem, $\| \psi' \| = \| L \| \cdot \| i' \|$ rezultă (9):

$$\| L' \| = \| C_\psi^{-1} \| \cdot \| L \| \cdot \| C_i \| \qquad (9)$$

Din (7) substituim $\| C_\psi^{-1} \|$ în (9) și obținem (10):

$$\| L' \| = \frac{1}{K} \| C_{it}^* \| \cdot \| L \| \cdot \| C_i \| \qquad (10)$$

Se preferă în calcule relația (10) în loc de (9) fiind mai comodă.

Dacă, din motive de simetrie a expresiilor se alege $\| C_i \| = \| C_\psi \| = \| C \|$ rezultă conform relației (7), $K = \frac{3}{4}$ iar (10) devine (11):

$$\| L' \| = \frac{4}{3} \cdot \| C_i^* \| \cdot \| L \| \cdot \| C \| \qquad (11)$$

Efectuînd calculele în ecuația (11) se obține ușor $\| L' \|$ încît relația dintre fluxurile și curenții mașinii transformate se simplifică sub forma (12):

Conform metodei operaționale simbolice, la tensiuni cunoscute, se pot determina curenții numai dacă se cunoaște forma expresiilor acestora.

$$\begin{vmatrix} \psi_1^+ \\ \psi_1^- \\ \psi_1^0 \\ \psi_2^+ \\ \psi_2^- \\ \psi_2^0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} L_1 & & & M_0 \cdot e^{j\theta} & & \\ & L_1 & & & M_0 e^{-j\theta} & \\ & & L_1^0 & & & \\ M_0 \cdot e^{-j\theta} & & & L_2 & & \\ & M_0 \cdot e^{j\theta} & & & L_2 & \\ & & & & & L_2^0 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} i_1^+ \\ i_1^- \\ i_1^0 \\ i_2^+ \\ i_2^- \\ i_2^0 \end{vmatrix} \qquad (12)$$

S-a notat cu $L_1 = L_1^s - M_1^s + \frac{3}{2} M$; $L_2 = L_2^s - M_2^s + \frac{3}{2} M$ inductanțele totale primare, respectiv secundare; $L_1^0 = L_1^s + 2 M_1^s$; $L_2^0 = L_2^s + 2 M_2^s$ inductanțele omopolare și $M_0 = \frac{3}{2} M$ inductanța mutuală totală.

3. Ecuațiile diferențiale ale mașinii transformate. Dacă notăm prin $\| V \|$ matricea tensiunilor aplicate și prin $\| R \|$ matricea rezistențelor putem scrie:

$$\| V \| = \| R \| \cdot \| i \| + \frac{d}{dt} \| \psi \| =$$

$$= \| R \| \cdot \| i \| + \| \frac{dL}{d\theta} \frac{d\theta}{dt} \| \cdot \| i \| + \| L \| \cdot \| \frac{di}{dt} \| =$$

$$= \| R + \omega \cdot \frac{dL}{d\theta} + L D \| \cdot \| i \|$$

unde s-a notat $\omega = \frac{d\theta}{dt}$, $D = \frac{d}{dt}$.

Alegînd pentru tensiuni aceeași matrice de transformare ca și pentru fluxuri și curenți, ecuațiile diferențiale ale mașinii asincrone cu alimentare statorică vor fi (13):

4. Ecuațiile generale operaționale. Aplicarea transformatei Laplace permite soluționarea riguroasă, generală și completă a problemei. Notațiile utilizate rezultă conform relațiilor (14):

$$\int_0^\infty e^{-pt} V(t) \cdot dt = V(p)$$

$$\int_0^\infty e^{-pt} i(t) \cdot dt = i(p) \qquad (14)$$

$$\int_0^\infty e^{-pt} D \cdot i(t) \cdot dt = p \cdot i(p) - i(0)$$

$$\int_0^\infty e^{-pt \pm j\omega t} \cdot D \cdot i(t) \cdot dt = (p \pm j\omega) \cdot i(p \pm j\omega) - i(0).$$

Condițiile inițiale intervin astfel explicit, de la început, în ecuație.

Cu acestea ecuațiile diferențiale (13) se transformă în ecuațiile operaționale (15):

$$\begin{vmatrix} V_1^+ \\ V_1^- \\ V_1^0 \\ \\ \\ \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} R_1 + L_1 D & & & M_0 e^{j\theta}(D + j\omega) & & \\ & R_1 + L_1 D & & & M_0 e^{-j\theta}(D - j\omega) & \\ & & R_1 + L_1^0 D & & & \\ M_0 \cdot e^{-j\theta}(D - j\omega) & & & R_2 + L_2 D & & \\ & M_0 \cdot e^{j\theta}(D - j\omega) & & & R_2 + L_2 D & \\ & & & & & R_2 + L_2^0 D \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} i_1^+ \\ i_1^- \\ i_1^0 \\ i_2^+ \\ i_2^- \\ i_2^0 \end{vmatrix} \qquad (13)$$

$$\begin{vmatrix} V_1^+(p)+\psi_1^+(0) \\ V_1^-(p)+\psi_1^-(0) \\ V_1^0(p)+\psi_1^0(0) \\ \psi_2^+(0) \\ \psi_2^-(0) \\ \psi_2^0(0) \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} R_1+L_1p & & & & & \\ & R_1+L_1p & & & & \\ & & R_1+L_1^0p & & & \\ & & & R_2+L_2p & & \\ & & & & R_2+L_2p & \\ & & & & & R_2+L_2^0p \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} i_1^+(p) \\ i_1^-(p) \\ i_1^0(p) \\ i_2^+(p) \\ i_2^-(p) \\ i_2^0(p) \end{vmatrix} +$$

$$+ \begin{vmatrix} & & & M_0e^{j\theta_0}p & & \\ & & & & M_0e^{-j\theta_0}p & \\ & & & & & \\ M_0e^{-j\theta_0}p & & & & & \\ & M_0e^{j\theta_0}p & & & & \\ & & & & & \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} i_1^+(p+j\omega) \\ i_1^-(p-j\omega) \\ \\ i_2^+(p-j\omega) \\ i_2^-(p+j\omega) \\ \end{vmatrix} \qquad (15)$$

S-a notat prin :

$$\psi_1^+(0) = L_1 \cdot i_1^+(0) + M_0 \cdot e^{j\theta_0} i_2^+(0)$$

$$\psi_1^-(0) = L_1 \cdot i_1^-(0) + M_0 \cdot e^{-j\theta_0} i_2^-(0)$$

$$\psi_1^0(0) = L_1^0 \cdot i_1^0(0)$$

$$\psi_2^+(0) = L_2 \cdot i_2^+(0) + M_0 \cdot e^{-j\theta_0} i_1^+(0)$$

$$\psi_2^-(0) = L_2 \cdot i_2^-(0) + M_0 \cdot e^{j\theta_0} i_1^-(0)$$

$$\psi_2^0(0) = L_2^0 \cdot i_2^0(0)$$

Aceste ecuații operaționale sînt generale deoarece pot fi aplicate în rezolvarea comodă a oricărei probleme de regim staționar sau tranzitoriu (la viteză de rotație constantă), simetric sau nesimetric, în orice condiții inițiale de funcționare ale mașinii.

Regimurile tranzitorii nesimetrice a căror rezolvare prin metoda componentelor simetrice a fost relativ recent discutată[2]) pot fi soluționate pe cale operațională cu ajutorul vectorilor reprezentativi (determinați în mod analog componentelor simetrice prin aplicarea transformării lui Stokvis-Fortescue valorilor instantanee). Relațiile dintre vectorii reprezentativi „pozitivi", „negativi" și omopolari, în funcție de natura disimetriei, fiind aceleași (ca și cele dintre componentele simetrice corespunzătoare regimurilor staționare respective) va rezulta o conexiune a schemelor echivalente identică cu cea din cazul regimului corespunzător staționar.

În consecință procedeul de studiu cu ajutorul componentelor simetrice poate fi aplicat regimurilor tranzitorii nesimetrice ale mașinii asincrone folosind coordonatele vectorilor reprezentativi în sensul celor utilizați în prezenta lucrare.

[2]) Electricestvo, 67 (1954) 2.

5. Ecuațiile operaționale ale regimurilor simetrice și rezolvarea lor. În funcționarea simetrică, staționară sau tranzitorie, componentele omopolare nu intervin și deoarece vectorii reprezentativi pozitivi nu sînt în relații suplimentare cu cei negativi (conjugați), ecuațiile operaționale necesare și suficiente vor fi (16) :

$$\begin{vmatrix} V_1^+(p)+\psi_1^+(0) \\ \psi_2^+(0) \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} R_1+L_1p & \\ & R_2+L_2p \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} i_1^+(p) \\ i_2^+(p) \end{vmatrix} +$$

$$+ \begin{vmatrix} M_0e^{j\theta_0}p & \\ & M_0e^{-j\theta_0}p \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} i_2^+(p-j\omega) \\ i_1^+(p+j\omega) \end{vmatrix} \qquad (16)$$

De obicei tensiunile aplicate sînt date. De aceea interesează expresiile explicite ale curenților în diverse cazuri de funcționare.

Dacă în ecuația a doua a sistemului (16) schimbăm variabila p prin $p - j\omega$, putem elimina $i_2^+(p - j\omega)$ cu ajutorul primei ecuații încît se obține o ecuație cu o singură necunoscută, $i_1^+(p)$.

Notînd prin $z_1(p) = R_1 + L_1 p$ și $Z_2(p) = R_2 + L_2 p$ se obține astfel expresia explicită a curentului operațional reprezentativ statoric (17) :

$$i_1^+(p) = \frac{\left[V_1^+(p) + \psi_1^+(0)\right] Z_2(p - j\omega) - \psi_2^+(0)\, e^{j\theta_0} M_0 \cdot p}{Z_1(p) \cdot Z_2(p - j\omega) - M_0^2\, p\,(p - j\omega)} \qquad (17)$$

În condiții inițiale nule avem (18) :

$$\frac{V_1^+(p)}{i_1^+(p)} = Z_1(p) - \frac{M_0^2 p\,(p - j\omega)}{Z_2(p - j\omega)} =$$

$$= R_1 + \lambda_1 p + \frac{M_0 p \left[\dfrac{p R_2}{p - j\omega} + p\lambda_2\right]}{\dfrac{p R_2}{p - j\omega} + p(\lambda_2 + M_0)} \qquad (18)$$

S-a notat prin λ_1 respectiv λ_2 inductanțele de dispersiune primare și secundare ($\lambda_1 = L_1 - M_0$, $\lambda_2 = L_2 - M_0$).

În consecință schemele echivalente în regim tranzitoriu simetric, pentru același sens de rotație al cîmpului învîrtitor și al rotorului (fig. 2, *a*) sau pentru sensuri contrare (fig. 2, *b*) sînt următoarele:

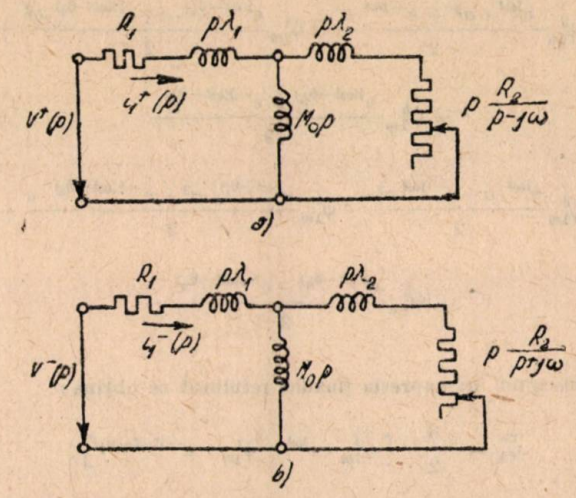


Fig. 2. Schemele echivalente în regim tranzitoriu simetric: *a*—pentru același sens de rotație al cîmpului învîrtitor și rotorului; *b*—pentru sensuri contrare.

Dacă se înlocuiește p cu $j\omega_1$, ω_1, fiind pulsația tensiunii aplicate, se obțin schemele echivalente de succesiune directă respectiv inversă ale regimului staționar.

Pentru comoditatea calculului vom schimba expresia (17) prin introducerea unor noi constante notate precum urmează:

$\sigma = 1 - \dfrac{M_0^2}{L_1 L_2}$ — coeficientul de dispersiune în sens Blondel;

$\alpha_1 = \dfrac{R_1}{L_1 - \dfrac{M_0^2}{L_2}}$ — constanta de atenuare a statorului cu rotorul în scurtcircuit (inversa constantei de timp tranzitorie T_1');

$\alpha_2 = \dfrac{R_2}{L_2 - \dfrac{M_0^2}{L_1}}$ — constanta de atenuare a rotorului cu statorul în scurtcircuit (inversa constantei de timp tranzitorie T_2'); pentru λ_1 și λ_2 relativ mici,

$$\sigma \simeq \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{M_0}, \quad \alpha_1 \simeq \frac{R_1}{\lambda_1 + \lambda_2}, \quad \alpha_2 \simeq \frac{R_2}{\lambda_1 + \lambda_2}.$$

Cu acestea obținem pentru curenții operaționali expresiile (19):

$$i_1^+(p) = \frac{\dfrac{V_1^+(p) + \psi_1^+(0)}{\sigma L_1}(\sigma\alpha_2 + p - j\omega) - \dfrac{\psi_2^+(0)\, e^{j\theta_0}\,(1-\sigma)\,p}{\sigma M_0}}{p^2 + p(\alpha_1 + \alpha_2 - j\omega) + \alpha_1\alpha_2\sigma - j\omega\alpha_1}$$

$$i_2^+(p) = \frac{\dfrac{\psi_2^+(0)}{\sigma L_2}(\sigma\alpha_1 + p + j\omega) - \dfrac{[V_1^+(p) + \psi_1^+(0)]\, e^{-j\theta_0}}{\sigma M_0}(1-\sigma)p}{p^2 + p(\alpha_1 + \alpha_2 + j\omega) + \alpha_1\alpha_2\sigma + j\omega\alpha_2} \qquad (19)$$

Soluțiile funcției de timp (originale) se pot determina ușor cu ajutorul polilor funcției operaționale pentru diversele regimuri particulare staționare sau tranzitorii electromagnetice (la viteză de rotație constantă) de studiat: conectare la rețea, scurtcircuit trifazat la borne, schimbarea conexiunii stea-triunghi, deconectare etc.

6. **Cuplul electromagnetic în mașina asincronă.** Expresia cuplului electromagnetic motor (T) se obține ușor ca derivată a energiei magnetice (la i = constant) în raport cu unghiul de rotație.

$$T = \frac{\partial w_m}{\partial\theta} = \frac{\partial}{\partial\theta}\frac{1}{2}\cdot\frac{3}{4}\,\|\psi_t'\|\cdot\|i'\|^* = \frac{3}{8}\,\|i_t'\|\cdot\|\frac{dL_t'}{d\theta}\|\cdot\|i'\|^*$$

Substituind,

$$\|i_t'\| = \overline{\left|i_1^+\right|\left|i_1^-\right|\left|i_1^0\right|\left|i_2^+\right|\left|i_2^-\right|\left|i_2^0\right|}\cdot\|i'\|^* = \begin{vmatrix} i_1^- \\ i_1^+ \\ i_1^0 \\ i_2^- \\ i_2^+ \\ i_2^0 \end{vmatrix}$$

și

$$\left\|\frac{dL_t'}{d\theta}\right\| = \begin{vmatrix} & & & -jM_0e^{-j\theta} & & \\ & & & & jM_0e^{j\theta} & \\ jM_0e^{j\theta} & & & & & \\ & -jM_0e^{-j\theta} & & & & \\ & & & & & \end{vmatrix}$$

Se obține (20)

$$T = \frac{3}{2}M_0\,\frac{i_1^+\cdot i_2^-\,e^{-j\theta} - i_1^-\,i_2^+\,e^{j\theta}}{2j} = \frac{3}{2}M_0\,\mathcal{J}m\,(i_1^+\,i_2^-\cdot e^{-j\theta}) \qquad (20)$$

Simbolul $\Im m$ arată că trebuie reținută numai componenta pe axa imaginară a expresiei următoare.

7. **Concluzii.** Utilizarea vectorilor reprezentativi rotitori, determinați cu ajutorul transformării lui Stokvis-Fortescue aplicată expresiilor instantanee de fluxuri, curenți și tensiuni este avantajoasă în studiul regimurilor mașinii asincrone deoarece conduce la ecuații simple.

Folosirea metodei matriciale permite scrierea condensată și transformarea comodă a sistemelor de ecuații liniare în vederea schimbării coordonatelor.

Aplicarea transformatei Laplace face posibilă obținerea directă a soluțiilor complete în orice condiții de funcționare.

A n e x a 1. **Considerații asupra cîmpurilor învîrtitoare la mașini asincrone trifazate.**

Intensitatea cîmpului de inducție magnetică al unei faze are o repartiție cosinusoidală în funcție de unghiul θ față de direcția intensității maxime (axa fazei).

Dacă vom calcula fluxul inducției prin suprafața dintr-o secțiune plană diametrală a cărei normală formează un unghiu θ cu direcția axei fazei, delimitată de un contur dreptunghiular la limitele întrefierului și vom nota cu l, lungimea rotorului și cu R raza interioară a statorului avem:

$$\Phi = B \cdot l \int_{-\frac{\pi}{2}+\theta}^{\frac{\pi}{2}+\theta} \cos\theta \cdot R \cdot d\theta = B \cdot l \cdot 2R \cdot \cos\theta = \Phi_m \cdot \cos\theta$$

Deci fluxul îmbrățișat de un circuit rotoric diametral ce străbate întrefierul are proprietăți vectoriale avînd ca valoare aceea a componentei fluxului maxim (din direcția axei fazei) pe direcția normalei la planul spirei.

În consecință pentru a determina fluxul din întrefierul unei mașini polifazate vom însuma vectorial fluxurile fazelor cărora li s-au atribuit orientările axelor respective.

Astfel, la o mașină trifazată simetrică dacă folosim operatorii de rotație $1 = e^{j0}$, $a = e^{j\frac{2\pi}{3}}$, $a^2 = e^{-j\frac{2\pi}{3}}$, în interpretarea de versori direcționali, obținem pentru fluxul rezultant:

$$\overline{\psi}_1^r = \overline{\psi}_1^a + \overline{\psi}_1^b + \overline{\psi}_1^c = \psi_1^a + a\psi_1^b + a^2\psi_1^c.$$

Dacă fluxurile fazelor conțin componente de succesiune directă $\psi_1^d = \psi_{1m}^d \cos\omega t$, inversă $\psi_1^i = \psi_{1m}^i \cos(\omega t - \theta_i)$ și omopolară $\psi_1^h = \psi_{1m}^h \cdot \cos(\omega t - \theta_h)$, utilizînd formulele lui Euler avem:

$$\psi_1^a = \psi_{1m}^d \frac{e^{j\omega t} + e^{-j\omega t}}{2} + \psi_{1m}^i \frac{e^{j(\omega t-\theta_i)} + e^{-j(\omega t-\theta_i)}}{2} + \psi_{1m}^h \frac{e^{j(\omega t-\theta_h)} + e^{-j(\omega t-\theta_h)}}{2}$$

$$\psi_1^b = \psi_{1m}^d \frac{e^{j\omega t}\cdot a^2 + e^{-j\omega t}\cdot a}{2} + \psi_{1m}^i \frac{e^{j(\omega t-\theta_i)}\cdot a + e^{j(\omega t-\theta_i)}\cdot a^2}{2} + \psi_{1m}^h \frac{e^{j(\omega t-\theta_h)} + e^{-j(\omega t-\theta_h)}}{2}$$

$$\psi_1^c = \psi_{1m}^d \frac{e^{j\omega t}\cdot a + e^{-j\omega t} a^2}{2} + \psi_{1m}^i \frac{e^{j(\omega t-\theta_i)}\cdot a^2 + e^{-j(\omega t-\theta_i)}\cdot a}{2} + \psi_{1m}^h \frac{e^{j(\omega t-\theta_h)} + e^{-j(\omega t-\theta_h)}}{2}.$$

Înlocuind în expresia fluxului rezultant se obține:

$$\overline{\psi}_1^r = \frac{3}{2} \cdot \left[\psi_{1m}^d \cdot e^{j\omega t} + \psi_{1m}^i \cdot e^{-j(\omega t-\theta_i)}\right],$$

adică suma celor două fluxuri magnetice simetrice învîrtitoare în sensuri opuse (cîmp eliptic)

Bibliografie

[1] *Stanley, H. C.*: An Analysis of the Induction Machine, Trans. Am. Inst. electr. Engng. 56 (1937) p. 751—757.

[2] *Cazovskii, E. Ia.*: Perehodnîe rejimî v asinhronîh mașîni privcliuceniah i korotkih zamîcaniiah. Electricestvo 67(1947) 6, p. 19—27.

[3] *Ianko-Trinițkii, A. A.*: Uravneniia perehodnîh electromagnitnîh proțesov asinhronova dvigatelia i ih șreșenia, Electricestvo, 71 (1951) 3, p. 18—25.

[4] *Fourmarier, P.*: Les schemas equivalents des machines électriques en regime transitoire. Bull. Ass. suisse Électr., 44 (1953) 12, p. 527—533.

[5] *Schuisky, W*: Übergangsvorgänge bei Induktionsmaschinen. Arch. Elektrotechn. 49 (1955) p. 55—70

[6] *Antoniu, I. S.*: Introducere în aplicarea calculului matricial la studiul circuitelor electrice. Ed. Acad. RPR, București, 1953.

[7] *Ku, I. H.*: Transient Analysis of A. C. Machinery. Trans. Am. Inst. Electr. Engng. 1929, p. 707—714.

[8] *Fallou, J.*: Leçons d'Électrotehnique, Gauthier-Villars, Paris, 1948.

[9] *Kovács, K. Pál* și *Rácz, I.*: Váltakozóáramu gépek tranziens folyamatai. Akademiai kiadó, Budapest. 1954.

Determinarea vitezei de răspuns a excitatoarelor generatoarelor sincrone

Ing. V. N. NEDELCU, ing. D. CREŢU şi *ing. C. APETREI*

Comportarea excitatoarelor maşinilor sincrone avînd o influenţă directă asupra acestor maşini atît de răspîndite în reţele electrice, autorii întreprind un studiu comparativ şi critic al metodelor de calcul pentru obţinerea vitezei de răspuns la variaţii bruşte de sarcină a generatorului. Se dau indicaţii asupra metodelor analitice şi grafice cele mai convenabile, ţinînd seamă şi de efectul de saturaţie. Cîteva exemple de calcul ilustrează rezultatele la care s-a ajuns.

C.Z. 621.313.313.32.013.8

Practica exploatării sistemelor energetice din ultimii ani a dovedit că unul din mijloacele cele mai efective pentru asigurarea stabilităţii generatoarelor sincrone la funcţionarea în paralel, precum şi pentru menţinerea în sincronism a motoarelor sincrone în condiţii de avarii îl constituie forţarea excitaţiei lor — majorarea rapidă pînă la valoarea maximă (de plafon) a excitaţiei în momentul apariţiei unei cauze perturbatoare în afara maşinii însoţită, de obicei, de variaţii însemnate ale tensiunii la bornele maşinii sincrone.

Din punctul de vedere al realizării forţării excitaţiei se pot imagina dispozitive şi scheme diverse. Principial acestea pot fi împărţite în două categorii :

a) variaţia excitaţiei se poate efectua, variind rezistenţa în circuitul de excitaţie al excitatoarei maşinii sincrone respective;

b) variaţia curentului de excitaţie se poate efectua introducînd în înfăşurarea de excitaţie a maşinii sincrone sau a excitatoarei un curent suplimentar, dependent de un impuls primit după variaţia tensiunii, curentului, unghiului intern etc. a maşinii căreia i se aplică forţarea excitaţiei. În asemenea cazuri eficacitatea forţării excitaţiei — în general a reglajului tensiunii — nu depinde numai de calitatea regulatorului care se foloseşte ci şi de proprietăţile excitatoarei. Pentru a se marca acestea, maşinile de curent continuu, excitatoare ale generatoarelor sincrone, se caracterizează prin următorii parametrii funcţionali :

α) viteza de răspuns a excitatoarei $V = \frac{\Delta U}{\Delta t}$;

β) viteza iniţială de răspuns $V_0 = \left(\frac{dU}{dt}\right)_{t=0}$;

γ) plafonul maxim de tensiune, pe care poate să-l asigure $p = \frac{U_{max}}{U_{nom}}$.

În legătură cu aceasta se ridică problema de a construi maşini cu anumiţi parametri, iar pentru maşinile construite, a determinării experimentale în condiţii cît mai apropiate de cele reale a acestor parametri.

Scopul acestei lucrări este de a trece în revistă metodele pentru determinarea parametrilor excitatoarelor maşinii sincrone, precizîndu-se unele probleme importante, care în literatura noastră n-au căpătat dezvoltarea necesară, precum şi de a expune o nouă metodă — metoda analitică — pentru determinarea vitezei de răspuns.

1. Determinarea experimentală a parametrilor excitatoarelor maşinilor sincrone [1]

În literatura tehnică de specialitate viteza de răspuns a unei excitatoare se convine a se caracteriza cu ajutorul vitezei medii de variaţie a tensiunii la bornele ei ; ea se determină pentru un interval de timp egal cu 0,5 s scurtcircuitîndu-se rezerva de rezistenţă din circuitul de excitaţie la turaţie constantă şi egală cu cea nominală ; tensiunea în acest caz variază de la valoarea sa nominală pînă la valoarea de plafon la funcţionarea în gol (fig.1). Raportul vitezei

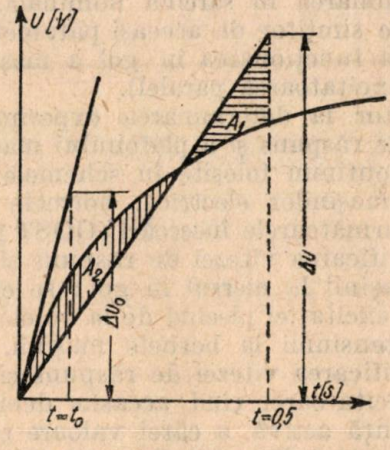


Fig. Determinarea vitezelor de răspuns a excitatoarei : $A_1 = A_2$ — suprafaţa ; $V = \frac{\Delta u}{0{,}5} = 2\,\Delta u$ [V/s] — viteza medie ; $\frac{\Delta u_0}{t_0}$ [V/s] — viteza iniţială.

de răspuns a excitatoarei, definită ca mai sus, către tensiunea nominală poartă numele de viteza nominală relativă de răspuns a excitatoarei şi caracterizează rapiditatea de răspuns a maşinii $\left(V_r = \frac{\Delta U}{\Delta t \cdot U_{nom}}\right)$.

Din acest punct de vedere excitatoarele se pot caracteriza ca:

excitatoare rapide: $V_r \geqslant 2$;

excitatoare medii: $V_r = 0{,}5 \ldots 2$;

excitatoare lente: $V_r \leqslant 0{,}5$.

Plafonul maşinii p poate varia în limite suficient de largi: $p = 2 \ldots 5$, în ultima vreme manifestîndu-se tendinţa de a se construi excitatoare cu plafon cît mai ridicat. Viteza iniţială de răspuns este determinată de plafonul şi de constanta de timp a înfăşurării de excitaţie a excitatoarei şi joacă un rol însemnat în asigurarea stabilităţii generatoarelor sincrone în cazuri de avarii sau a unor manevre însoţite de schimbări bruşte de regim. Din acest punct de vedere este indicată introducerea în schemele reglajului automat al tensiunii generatorului a maşinilor de genul: amplidinei, isodinei, rototrolului, de o putere suficient de mare pentru a se putea înlocui verigi intermediare din lanţul circuitului de excitaţie, care conduc la o aplatizare a curbei de variaţie a tensiunii la momentul $t = 0$. Trebuie subliniat că o caracterizare a calităţilor excitatoarei după viteza de răspuns medie relativă, viteza de răspuns iniţială şi plafon determinate la funcţionarea în gol a acesteia nu poate conduce la aprecierea completă a calităţilor maşinii la mersul în sarcină. De altfel, ceea ce interesează în mod deosebit la o maşină de curent continuu folosită drept excitatoare a unui generator sincron sînt parametrii de mai sus la funcţionarea în sarcină nominală, care se deosebesc simţitor de aceeaşi parametri determinaţi la funcţionarea în gol a maşinii (mai ales la excitatoarea paralel).

Referitor la determinarea experimentală a vitezei de răspuns şi a plafonului maşinilor de curent continuu folosite în schemele de excitaţie a maşinilor electrice, normele sovietice prevăd următoarele încercări (GOST 183—41);

a) Verificarea vitezei de răspuns şi a plafonului maşinii la mersul în gol: se efectuează forţarea excitaţiei plecînd de la valoarea nominală a tensiunii la bornele maşinii.

b) Verificarea vitezei de răspuns şi a plafonului excitatoarei cînd aceasta debitează pe o rezistenţă activă, a cărei valoare este egală cu rezistenţa înfăşurării de excitaţie a maşinii sincrone (sau a maşinii de curent continuu): se efectuează forţarea excitaţiei plecînd de la valoarea nominală a tensiunii şi curentului; valorile nominale ale excitatoarei sînt acelea care asigură funcţionarea generatorului în regim nominal.

c) Viteza de răspuns şi plafonul excitatoarei pot fi determinate experimental în sarcină cînd excitatoarea debitează pe înfăşurarea de excitaţie a maşinii sincrone (sau de curent continuu) şi se efectuează forţarea excitaţiei de asemenea pornindu-se de la valorile nominale ale tensiunii curentului.

d) Viteza de răspuns şi plafonul excitatoarei se pot verifica experimental în condiţiile reale de funcţionare ale acesteia, adică generatorul (sau maşina de curent continuu) funţionînd la sarcina nominală, se realizează un scurtcircuit apropiat sau îndepărtat, cu care ocazie schema de forţare a excitaţiei declanşează.

După cum s-a subliniat mai sus încercarea prevăzută la punctul (*a*) nu poate oferi decît date cu caracter indicativ referitoare la comportarea maşinii în condiţii de exploatare. De asemenea efectuarea încercării prevăzută la punctul (*d*) în condiţii de laborator sau de exploatare prezintă dificultăţi serioase de aceea se apelează rar la ea. Încercările indicate la punctele (*b*), (*c*) se pot efectua de obicei în laborator, însă ele pot reproduce numai cu aproximaţie procesul fizic ce se desfăşoară în maşină, cînd aceasta funcţionează în condiţii reale. Astfel pentru excitatoarele generatoarelor sincrone aceste încercări reproduc numai cu aproximaţie procesul forţării excitaţiei, deoarece în asemenea condiţii nu apare componenta tranzitorie din circuitul rotoric, condiţionată de variaţia tensiunii la bornele generatorului sincron şi care tinde să anuleze reacţia indusului în momentul apariţiei cauzei perturbatoare. Apariţia acestei componente, joacă un rol însemnat în menţinerea generatorului în sincronism pînă în acel moment, cînd cu ajutorul forţării excitaţiei se obţine o creştere suficientă a curentului de excitaţie necesară pentru a învinge reacţia majorată a indusului, care ar conduce la micşorarea fluxului util inductor. Trebuie subliniat că rolul vitezei iniţiale de răspuns a excitatoarei constă în a întreţine această componentă tranzitorie a curentului din circuitul de excitaţie al generatorului sincron. Din această cauză pentru excitatoarele maşinilor sincrone determinarea experimentală a vitezei de răspuns şi a plafonului astfel cum se indică la punctul (*b*), este mai recomandabilă decît metoda indicată la punctul (*c*) deoarece lipsa componenţei tranzitorii este parţial compensată de creşterea rapidă a curentului în indusul excitatoarei.

Pentru excitatoarele maşinilor de curent continuu dimpotrivă metoda indicată la punctul (*c*) este mai recomandabilă, deoarece în acest caz supracurenţii care apar în înfăşurarea de excitaţie la o variaţie bruscă a sarcinii sînt neînsemnaţi, rolul esenţial revenind curentului condiţionat de forţarea excitaţiei. Este clar, că dacă încercările experimentale se vor face după metoda indicată la punctul (*b*) se vor obţine rezultate pesimiste, deoarece curentul în circuitul indusului va creşte în acelaşi timp cu tensiunea la borne, ceea ce nu se petrece în cazul real. Calculul vitezei de răspuns a excitatoarelor se poate efectua prin două metode: metoda grafoanalitică şi metoda analitică.

2. Calculul vitezei de răspuns a excitatoarelor cu ajutorul metodelor grafoanalitice [1]

2.1. **La funcţionarea în gol**[1]). 2.1.1. *Maşina cu excitaţie independentă.* În momentul forţării excitaţiei, dacă se neglijează influenţa curenţilor turbionari în fierul polilor se poate scrie următoarea ecuaţie pentru circuitul de excitaţie:

$$u = ri + 2p'w\sigma \frac{d\Phi}{dt} \qquad (1)$$

în care: u este tensiunea la bornele excitaţiei;
i — valoarea instantanee a curentului de excitaţie;
r — rezistenţa circuitului de excitaţie;
$2p'$ — numărul polilor;
w — numărul spirelor de excitaţie pe pol;
σ — coeficientul de scăpări al înfăşurării de excitaţie pe pol;
Φ — valoarea instantanee a fluxului util;
t — timpul exprimat în secunde.

Cunoscînd curba de magnetizare a maşinii, ecuaţia (1) poate fi rezolvată cu ajutorul metodei intervalelor succesive, transcriindu-se sub forma creşterilor finite:

$$u = i_m r + 2pw\sigma \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \qquad (2)$$

în care: Δt este intervalul de timp elementar;
$\Delta\Phi$ — creşterea fluxului util în decursul lui Δt;
i_m — valoarea medie a curentului de excitaţie în intervalul de timp Δt şi are valoarea:

$$i_m = \frac{i_1 + i_2}{2}, \qquad (3)$$

în care i_1 este valoarea curentului i la începutul intervalului Δt iar i_2 — la sfîrşitul intervalului Δt.

Creşterile $\Delta\Phi$ şi corespunzător lui $\Delta\Phi$, Δe se pot lega de valorile nominale corespunzătoare la viteza constantă prin următoarea relaţie:

$$\frac{\Delta e}{\Delta\Phi} = \frac{E_N}{\Phi_N} \qquad (4)$$

de unde

$$\Delta\Phi = \Delta e \frac{\Phi_N}{E_N}. \qquad (5)$$

La rîndul său creşterea Δe poate fi exprimată ca diferenţa dintre f. e. m. corespunzătoare pe caracteristica de magnetizare astfel:

$$\Delta e = e_2 - e_1. \qquad (6)$$

Introducînd relaţiile (3), (5), (6) în (2) se obţine:

$$\Delta t = \frac{4pw\sigma\ \Phi_N(e_2 - e_1)}{E_N[2u - (i_1 + i_2)r]}. \qquad (7)$$

1) Se consideră plafonul tensiunii determinat.

2.1.2. *Excitatoarea cu excitaţie paralel.* Considerînd căderea de tensiune în înfăşurarea indusului determinată de curentul de excitaţie neglijabilă, se poate aplica formula (7) pentru calculul vitezei de răspuns înlocuind tensiunea u cu media aritmetică a f.e.m. e_1, e_2: $e = \frac{(e_1 + e_2)}{2}$ şi, considerînd că r reprezintă valoarea finală a rezistenţei circuitului de excitaţie obţinută instantaneu şi constanta în timpul procesului tranzitoriu. În acest mod se obţine relaţia:

$$\Delta t = \frac{4pw\sigma\Phi_N(e_2 - e_1)}{E_N[e_1 + e_2 - (i_1 + i_2)r]}. \qquad (8)$$

Cînd căderea de tensiune nu poate fi neglijată viteza de răspuns se poate calcula ca la funcţionarea în sarcină.

2.2. **La funcţionarea în sarcină.** 2.2.1. *Excitatoarea cu excitaţie independentă.* Determinarea vitezei de răspuns a excitatoarei la funcţionarea în sarcină cu ajutorul metodei grafoanalitice se face recurgînd la curbele de magnetizare ale maşinii. În fig. 2 curba *Oma* reprezintă caracteristica de funcţionare în gol. Cînd în indusul maşinii circulă un curent oarecare f.e.m. E_0 se va micşora datorită reacţiei indusu-

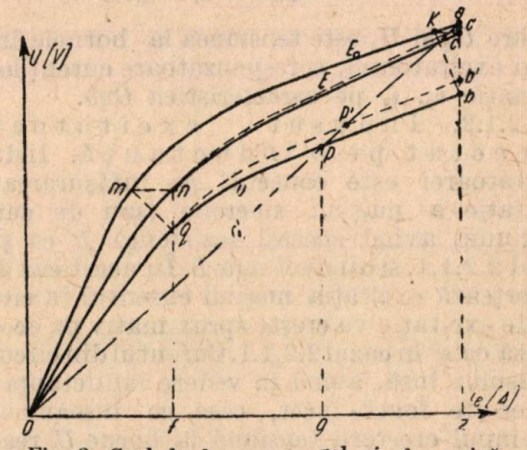


Fig. 2. Curbele de mers în gol şi de sarcină internă şi externă:
oma — curba de magnetizare; *oqb* — curba de mers în sarcină pe o rezistenţă.

lui putîndu-se trasa curba *Onc*, care se obţine din caracteristica *Oma* scăzîndu-se amperspirele demagnetizante *mn*. Aceasta este caracteristica internă de sarcină *E*. Scăzînd din f.e.m. *E* căderea de tensiune ohmică în înfăşurarea indusului se obţine tensiunea la borne (curba *Oqb*) — caracteristica externă de sarcină. Procesul de forţare a excitaţiei înseamnă creşterea tensiunii de la valoarea *fq* (nominală) la valoarea *zb* (tensiunea de plafon), deci, curentul de excitaţie creşte de la valoarea *Of* la valoarea *Oz*.

Pentru calculul vitezei de răspuns trebuie distinse două cazuri:

2.2.1.1. Indusul conectat pe o rezistenţă. În primul caz, cînd se scurtcircuitează rezerva de rezistenţă din circuitul

de excitaţie tensiunea la bornele excitatoarei creşte după curba *Oqb*; în acelaşi timp va creşte şi curentul în circuitul indusului după ecuaţia:

$I = \frac{U}{R}$, în care R este rezistenţa sarcinii.

La sfîrşitul procesului triunghiul caracteristicii *mnq* se va identifica cu triunghiul *kcb*. De remarcat că în zona de saturaţie intensă cateta orizontală a triunghiului *kcb*—*kcd* vine egală cu zero astfel că cele două curbe *Oma* şi *Onc* se suprapun. În acest caz se poate scrie relaţia:

$$E = U + r_a I = U\left(1 + \frac{r_a}{R}\right). \qquad (9)$$

Dacă în formula (7) diferenţa $e_2 - e_1$ se înlocuieşte cu

$$e_2 - e_1 = (U_2 - U_1)\left(1 + \frac{r_a}{R}\right) \qquad (10)$$

atunci se poate obţine formula pentru calculul vitezei de răspuns a excitatoarei cu excitaţia independentă:

$$\Delta t = \frac{4pw\sigma\Phi_N (U_2 - U_1)\left(1 + \frac{r_a}{R}\right)}{E_N[2u - (i_1 + i_2)\, r]} \qquad (11)$$

în care U_2 şi U_1 este tensiunea la bornele indusului excitatoarei, corespunzătoare curenţilor de excitaţie i_2, i_1 pe caracteristica *Oqb*.

2.2.1.2. Indusul excitatoarei conectat pe o inductanţă. Indusul excitatoarei este conectat pe înfăşurarea de excitaţie a maşinii sincrone (sau de curent continuu) avînd aceeaşi rezistenţă R ca şi în cazul 2.2.1.1. şi o inductanţă L. În acest caz dacă se forţează excitaţia maşinii curentul în circuitul de excitaţie va creşte aproximativ cu aceeaşi viteză ca şi în cazul 2.2.1.1. Curentul din circuitul indusului însă, avînd în vedere inductanţa L va creşte foarte încet, ceea ce înseamnă că în timpul creşterii tensiunii la borne U reacţia indusului şi căderea ohmică de tensiune vor rămîne aproximativ constante şi egale cu valorile lor la curentul nominal. Din această cauză f.e.m. internă a maşinii va creşte după curba *Onc'* iar tensiunea după curba *Oqb'*. Valoarea tensiunii *qb'* se numeşte plafonul temporar al excitatoarei, care pe măsură ce curentul în circuitul indusului va creşte se va micşora şi va atinge valoarea *qb*. În asemenea condiţii: $E = U + I_N r_a$ în care E şi U sînt f.e.m. respectiv tensiunea la borne, care corespunde curbelor punctate de pe fig. 2. Înlocuind în (7) pe: $e_2 - e_1 = U_2 - U_1$ se obţine pentru Δt:

$$\Delta t = \frac{4pw\sigma\Phi_N (U_2 - U_1)}{E_N [2u - (i_1 + i_2)\, r]}. \qquad (12)$$

2.2.2. *Excitatoarea cu excitaţie paralel.* În fig. 2 se consideră curbele *Oma*, *Onc*, *Oqb*, că au aceeaşi semnificaţie şi pentru maşina cu excitaţie în paralel. Punctul stabil de funcţionare al maşinii cu excitaţie în paralel este determinat prin intersecţia curbei $U = f(i_e)$ cu dreapta, reprezentată prin ecuaţia $U = ri$. Astfel regimul nominal de funcţionare se caracterizează prin punctul *q*, obţinut la intersecţia curbei *Oqb* cu dreapta *Oq*. Forţarea excitaţiei în acest caz înseamnă variaţia tangentei unghiului dintre dreapta *Oq* şi axa absciselor. Luînd în consideraţie cele două cazuri de mai sus 2.2.1.1. şi 2 2.1.2. se pot deduce formulele corespunzătoare pentru calculul vitezei de răspuns.

2.2.2.1. Indusul conectat pe o rezistenţă. Indusul maşinii fiind conectat pe rezistenţa R, curentul în acest circuit va creşte în acelaşi timp cu tensiunea la borne, cînd variază rezistenţa circuitului de excitaţie. Acest proces se va prelungi pînă în momentul cînd curba după care variază tensiunea la borne *Oqb* şi dreapta *Od* se vor intersecta în punctul *p*. În acest caz tensiunea la bornele maşinii va creşte de la valoarea nominală *fq* la tensiunea de plafon *gp*.

Calculul procesului de excitaţie se poate efectua cu ajutorul formulei (11) în care se înlocuieşte: $u = \frac{U_1 + U_2}{2}$ După această înlocuire formula (11) se poate retranscrie:

$$\Delta t = \frac{4pw\sigma\Phi_N (U_2 - U_1)\left(1 + \frac{r_a}{R}\right)}{E_N [U_1 + U_2 - (i_1 + i_2)\, r]} \qquad (13)$$

2.2.2.2. In dusul excitatoarei conectat pe o inductanţă. Respectînd raţionamentul făcut pentru maşina cu excitaţie independentă, tensiunea la bornele excitatoarei va creşte după curba *Oqb'* şi deci va intersecta dreapta *Oam* în punctul *p'*; acest punct determină valoarea plafonului temporar al maşinii, care pe măsura creşterii curentului de sarcină va scade la valoarea *gp*. Înlocuindu-se în formula (12): $u = \frac{U_1 + U_2}{2}$ se obţine următoarea expresie pentru Δt:

$$\Delta t = \frac{4pw\sigma\Phi_N (U_2 - U_1)}{E_N [U_1 + U_2 - (i_2 + i_1) r]}. \qquad (14)$$

3. Calculul vitezei de răspuns cu ajutorul metodei analitice.

3.1. **La funcţionarea în gol.** 3.1.1. *Maşina cu excitaţia independentă.* Pentru determinarea vitezei de răspuns a excitatoarelor la funcţionarea în gol se porneşte de la un sistem de ecuaţii diferenţiale (15), în care ecuaţia (15,a) este ecuaţia circuitului de excitaţie şi corespunde formulei (1) scrisă însă sub altă formă;

ecuația (15, b) reprezintă caracteristica de mers în gol liniarizată:

$$u_{ex} = u_p - u_0 = r\, i_{ex} + L\frac{di_{ex}}{dt} \qquad (15a)$$

$$U_g = U - U_0 = K'\, i_{ex} \qquad (15b)$$

$$i_{ex} = i - i_0$$

în care r, L sînt rezistența și inductivitatea circuitului de excitație;

U_p — tensiunea de plafon a excitației;

U — tensiunea la bornele excitatoarei după forțarea excitației;

U_0 — tensiunea nominală a excitatricei;

i_0 — curentul nominal inițial al înfășurării de excitație a excitatoarei.

Scrierea sub această formă a fenomenelor ce au loc în timpul forțării excitației presupune neglijarea curenților turbionari din circuitul magnetic, viteza de rotație a excitatoarei rămînînd constantă. Eliminînd din ecuațiile (15, a) și (15,b) curentul i_{ex}, obținem în formă operațională expresia:

$$U_g(p) = U - U_0 = \frac{(u_p - u_0)\,K'}{r} \cdot \frac{1}{1+pT} \qquad (16)$$

în care: p este operatorul Heaviside;

$\frac{K'}{r}$ — coeficient de amplificare al excitatoarei;

T — constanta de timp a înfășurării de excitație corespunzătoare parametrilor mașinii la funcționarea în gol.

În cazul excitatoarelor cu excitație independentă, tensiunea maximă de excitație u_p se aplică instantaneu. Se poate observa ușor că: $\frac{(u_p - u_0)\,K'}{r} = U_p - U_0$, în care U_p este tensiunea de plafon a excitatoarei. Astfel, ecuația (16) se poate retranscrie:

$$U_g(p) = (U_p - U_0)\frac{1}{1+pT} \qquad (17)$$

Trecînd de la imagine la original, obținem:

$$U_g(t) = (U_p - U_0)\left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right). \qquad (18)$$

Relația (18) determină variația în timp a diferenței de tensiune la bornele excitatoarei, cînd tensiunea circuitului de excitație variază instantaneu de la valoarea u_0 la valoarea u_p. Valoarea inițială a vitezei de răspuns se poate obține derivînd relația (18) în raport cu timpul pentru $t = 0$:

$$V_0 = \left|\frac{d\,[U_g\,(t)]}{dt}\right|_{t=0} = \frac{U_p - U_0}{T} \qquad [V/s] \quad (19)$$

Valoarea medie a vitezei de răspuns se obține direct integrînd ecuația (18) între limitele $t_1 = 0$ și $t_2 = 0{,}5$ s.

Astfel, dacă se notează cu S valoarea integralei:

$$S = \int_0^{0.5} U_g(t)\, dt \qquad [V\cdot s] \qquad (19')$$

atunci, valoarea medie a vitezei de răspuns relativă se obține din următoarea relație:

$$V = 8\, S \qquad [V/s]. \qquad 19'')$$

Dacă limitele de integrare diferă de cele indicate de normele în vigoare atunci se poate calcula V din relația:

$$V = \frac{2S}{\Delta t^2} \qquad [V/s] \qquad (19''')$$

în care S este valoarea integralei (19') pentru cazul considerat în limitele $t = t_2 - t_1$. Trebuie subliniat faptul că U_g din formula (19') este generală, U_g luînd expresii corespunzătoare funcționării mersului în gol sau funcționării mersului în sarcină.

3.1.2. *Mașina cu excitație paralel.* Pentru a determina în mod analitic viteza de răspuns a excitatoarelor cu excitație paralel la mersul în

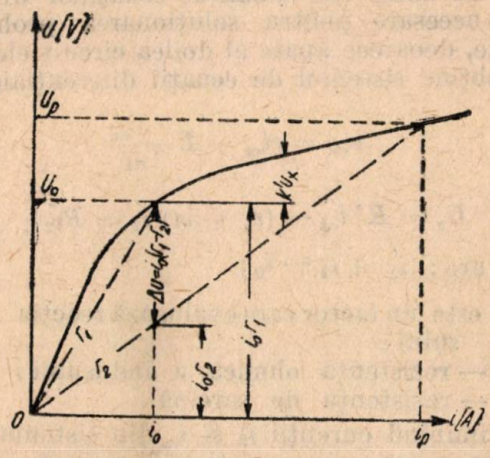


Fig. 3. Reprezentarea grafică a curbei dată de ecuațiile (15'a) și (15'b).

gol se pornește de la următorul sistem de ecuații diferențiale a cărui reprezentare grafică este dată în fig. 3:

$$\Delta U + K i_{ex} = r\, i_{ex} + L\frac{di_{ex}}{dt} \qquad (15'a)$$

$$U_g = K\, i_{ex} \qquad (15'b)$$

Rezolvînd acest sistem de ecuații diferențiale se găsesc următoarele relații:

$$i_{ex} = (i_p - i_0)\left(1 - e^{-\frac{t}{T_K}}\right) \qquad (15'')$$

$$U_g = K\, i_{ex} = (U_p - U_0)\left(1 - e^{-\frac{t}{T_K}}\right) \qquad (18'')$$

în care $\Delta U = (r_1 - r_2) i_0$

$$K = \frac{U_p - U_0}{i_p - i_0}$$

$$T_K = \frac{L}{r_2' - K}.$$

Pentru scrierea ecuațiilor (15', a), (15',b) s-a făcut următorul raționament: în momentul variației rezistenței circuitului de excitație a mașinii de la valoarea r_1 la r_2 (fig. 3), apare la bornele acesteia diferența de potențial ΔU. Pe măsură ce curentul de excitație crește tensiunea la borne variază după curba de magnetizare a mașinii, care în cazul de față a fost liniarizată conform expresiei (15',b). Se obține astfel expresia (18') care în raport cu expresia (18) diferă numai prin valoarea constantei de timp T_K ($T_K > T$) ceea ce explică diferența dintre valorile vitezei de răspuns la excitatoarea cu excitație independentă față de excitatoarea cu excitație paralel. Viteza inițială și viteza medie se determină după aceleași formule ca și în cazul precedent.

3.2. **La funcționarea în sarcină.** 3.2.1. *Excitatoarea cu excitație independentă.* 3.2.1.1. Indusul conectat pe o rezistență activă. În acest caz numărul ecuațiilor diferențiale necesare pentru soluționarea problemei crește, deoarece apare al doilea circuit electric. Se obține sistemul de ecuații diferențiale:

$$u_{ex} = r i_{ex} + L \frac{\mathrm{d}i_{ex}}{\mathrm{d}t} \qquad (20a)$$

$$U_g = K' i_{ex} - (r_a + m) i_2' = R i_2' \qquad (20b)$$

în care: $i_2' = i_2 - i_0$;

m este un factor care evaluează reacția indusului;

r_a — rezistența ohmică a indusului;

R — rezistența de sarcină.

Eliminînd curenții i_2' și i_{ex} din sistemul (20) se obține expresia operațională a tensiunii U_g:

$$U_g(p) = \frac{K' u_{ex} R}{r(r_a + m + R)} \frac{1}{1 + pT} \qquad (21)$$

care exprimată în funcție de timp, după ce se înlocuiește $\frac{u_{ex} K'}{r}$ cu expresia $E_p - E_0$:

$$U_g(t) = (E_p - E_0)\left(1 + \mathrm{e}^{-\frac{t}{T}}\right) \frac{R}{r_a + m + R} \qquad (22)$$

în care: T este constanta de timp a înfășurării de excitație la mersul în sarcină; E_0 — f.e.m. de plafon; E_p — f.e.m. nominală (inițială).

Ecuația (22) se poate retranscrie introducînd tensiunea la bornele mașinii, astfel:

$$U_g(t) = (U_p - U_0)\left(1 - \mathrm{e}^{-\frac{t}{T}}\right) \qquad (22')$$

În acest caz legea de variație a curentului i_2' va fi aceeași ca și pentru tensiune, expresia concretă obținîndu-se din relația:

$$i_2' = \frac{U_g(t)}{R} = (I_p - I_0)\left(1 - \mathrm{e}^{-\frac{t}{T}}\right) \qquad (23)$$

în care: I_p este valoarea curentului de plafon; I_0 — valoarea nominală a curentului de sarcină.

Viteza inițială se obține ca și în cazul precedent:

$$V_0 = \frac{E_p - E_0}{r_a + m + R} \cdot \frac{R}{T} = \frac{U_p - U_0}{T}. \qquad (24)$$

3.2.1.2. Funcționarea în sarcină pe rezistență R și inductanță L_2. Acestui caz îi corespunde următorul sistem de ecuații diferențiale: în ipoteza că se neglijează reacția indusului și rezistența ohmică a acestuia ($m = 0$; $R_2 = 0$):

$$u_{ex} = r i_{ex} + L \frac{\mathrm{d}i_{ex}}{\mathrm{d}t} \qquad (24a)$$

$$U_g = K' i_{ex} \qquad (24b)$$

$$K' i_{ex} = R i_2' + L \frac{\mathrm{d}i_2'}{\mathrm{d}t} \qquad (24c)$$

Dacă se ia în considerație rezistența și reacția indusului, atunci sistemul (24) de ecuații diferențiale se poate retranscrie:

$$u_{ex} = r i_{ex} + L \frac{\mathrm{d}i_{ex}}{\mathrm{d}t} \qquad (24'a)$$

$$U_g = K' i_{ex} - (m + r_2) i_2' \qquad (24'b)$$

$$U_g = R i_2' + L \frac{\mathrm{d}i_2'}{\mathrm{d}t} \qquad (24'c)$$

Pentru cazul $m = 0$ și $R_2 = 0$ se poate observa că legea de variație a tensiuni U_g este aceeași ca și pentru cazul anterior (22') adică este identică cu legea de variație a curentului de excitație, în timp ce legea de variație a curentului în circuitul indusului (i_2 care se determină prin rezolvarea sistemului de ecuații diferențiale este următoarea:

$$i_2'(t) = (I_p - I_0)\left(1 - \frac{T}{T - T_2}\mathrm{e}^{-\frac{t}{T}} + \frac{T_2}{T - T_2}\mathrm{e}^{-\frac{t}{T_2}}\right) \qquad (25)$$

unde $T_2 = \frac{L_2}{R}$.

Se poate verifica prin introducerea lui $i_2'(t)$ în ecuația (24,c) că legea de variație a lui U_g (sau E_g) coincide cu ecuația (22'). În cazul cînd m, R_2 nu se pot neglija, rezolvîndu-se

sistemul (24') se obține pentru U_g următoarea expresie operațională:

$$U_g(p) = \frac{K' u_{ex}}{r}\left[\frac{1}{1+pT} - \frac{m+r_a}{m+r_a+R}\frac{1}{T-T_2}\left(\frac{T}{1+pT} - \frac{T_2}{1+pT_2}\right)\right] \quad (26)$$

sau în funcție de timp:

$$U_g(t) = (E_p - E_0)\left[\left(1 - \frac{m+r_a}{m+r_a+R}\right) - \left(1 - \frac{T}{T-T_2}\frac{m+r_a}{m+r_a+R}\right)e^{-\frac{t}{T}} - \frac{T_2}{T-T_2}\frac{m+r_a}{m+r_a+R}e^{-\frac{t}{T_2}}\right] \quad (27)$$

unde: $T_2 = \frac{L_2}{r_a+m+R}$.

Dacă în formula (27) se introduce factorul $(U_p - U_0)$, atunci pentru $U_g(t)$ se obține expresia:

$$U_g(t) = (U_p - U_0)\left[1 - \left(\frac{R+r_a+m}{R} - \frac{m+r_a}{R}\frac{T}{T-T_2}\right)e^{-\frac{t}{T}} - \frac{m+r_a}{R}\cdot\frac{T_2}{T-T_2}e^{-\frac{t}{T_2}}\right]. \quad (27')$$

Ecuațiile (27) și (27') sînt ecuații generale din care se pot deduce expresiile pentru toate celelalte cazuri particulare, punîndu-se condițiile corespunzătoare.

3.2.2. *Excitatoarea cu excitație paralel* la funcționarea în sarcină. La funcționarea în sarcină a excitatoarea cu excitație paralel pentru $i_2'(t)$, $U_g(t)$ se obțin aceleași ecuații ca la excitatricea cu excitație independentă (25), (27) și (27') cu deosebirea că T se înlocuiește prin T_K definit mai sus. Astfel:

$$i_2'(t) = (I_p - I_0)\left(1 - \frac{T_K}{T_K - T_2}e^{-\frac{t}{T_K}} + \frac{T_2}{T_K - T_2}e^{-\frac{t}{T_K}}\right) \quad (25')$$

$$U_g(t) = (U_p - U_0)\left[1 - \left(\frac{R+r_a+m}{R} - \frac{m+r_a}{R}\cdot\frac{T_K}{T_K - T_2}\right)e^{-\frac{t}{T_K}} - \frac{m+r_a}{R}\cdot\frac{T_2}{T_K - T_2}e^{-\frac{t}{T_2}}\right]. \quad (27'')$$

Viteza medie și viteza inițială se determină în același mod.

4. Concluzii:

4.1. **Obiectul** lucrării a fost expunerea unei metode noi de calcul a parametrilor funcționali ai excitatoarelor generatoarelor sincrone. Comparînd rezultatele obținute prin cele două metode (grafoanalitică și analitică) rezultă că ambele metode prezintă avantaje și dezavantaje.

4.2. **Metoda grafoanalitică** în principiu este mai exactă decît cea analitică fiindcă ia în considerație neliniaritatea curbei de magnetizare a mașinii. Această metodă prezintă următoarele dezavantaje:

a) Volumul relativ mare de calcule.

b) Reprezentarea grafică a curbei $U_g = f(t)$ și abia apoi determinarea vitezei medii și inițiale de răspuns după această curbă, determinare ce introduce erori inerente.

Marele avantaj al metodei grafoanalitice îl constituie posibilitatea pe care aceasta o oferă de a calcula $U_g = f(t)$ și a determina viteza medie și cea inițială pornind de la orice stare inițială și ajungînd la orice stare finală de funcționare.

4.3. **Metoda analitică** spre deosebire de cea precedentă introduce erori principial prin faptul că pe o anumită porțiune curba de magnetizare se liniarizează. De aceea erorile vor fi neglijabile dacă procesul forțării excitației se situează în regiunea saturată a curbei de magnetizare.

Avantajul metodei analitice constă în volumul redus de calcule necesare pentru determinarea vitezei de răspuns medii și inițiale, precum și în aceea că nu trebuie predeterminate caracteristicile de funcționare ale mașinii. Din acest punct de vedere aplicarea metodei grafoanalitice pare mai indicată la determinarea în exploatare a vitezelor de răspuns, iar metoda analitică poate fi aplicată în perioada de proiectare a mașinii.

4.4. **Variația vitezei de răspuns** de la funcționarea în gol la cea în sarcină examinată după tabela 1 permite să se desprindă următoarele concluzii:

— în cazul excitatoarei cu excitație independentă viteza de răspuns la funcționarea în gol și în sarcină nu diferă în mod simțitor;

— în cazul excitatoarei cu excitație paralel, viteza de răspuns la mersul în sarcină diferă simțitor de valoarea acesteia la mersul în gol și această diferență poate atinge valori pînă la 50 % din viteza medie de răspuns la funcționarea în gol.

Referitor la erorile pe care le introduce liniarizarea curbei de magnetizare în determinarea vitezei de răspuns prin metoda analitică, sînt admisibile în măsura în care curba de magnetizare nu diferă simțitor de dreapta adoptată (tabela 1). Tot din această tabelă se vede că pentru viteza medie de răspuns la funcționarea în gol a excitatoarei cu excitație paralel se obține o eroare de 10,4 %. Recalculînd pentru acest caz viteza medie de răspuns pe o porțiune liniară a curbei de magnetizare prin cele două metode (tabela 2) rezultatele sînt foarte apropiate, fapt care dovedește că metoda analitică indicată poate fi aplicată numai în acele cazuri cînd procesul forțării excitației se plasează după cotul curbei de magnetizare.

Anexa 1 Exemple de calcul și rezultate

Fie excitatoarea cu datele: $U_n = 50$ V; $I_N = 150$ A; $p' = 2$. Înfășurarea de excitație: pentru bobine x 110 spire legate în serie. Rezistența înfășurării de excitație: $r_{(70°)} = 1{,}25$ Ω; rezistența indusului: $r_{a(70°)} = 0{,}060$ Ω; rezistența de sarcină: $R = 0{,}333$; $E_N = 58$ V; $\Phi_N = 2{,}70.10^{-3}$ Vs; $\sigma = 1{,}15$.

În fig. 4 sînt date tensiunea U cînd excitatoarea este încărcată pe o rezistență R constantă; f.e.m. interioară E și

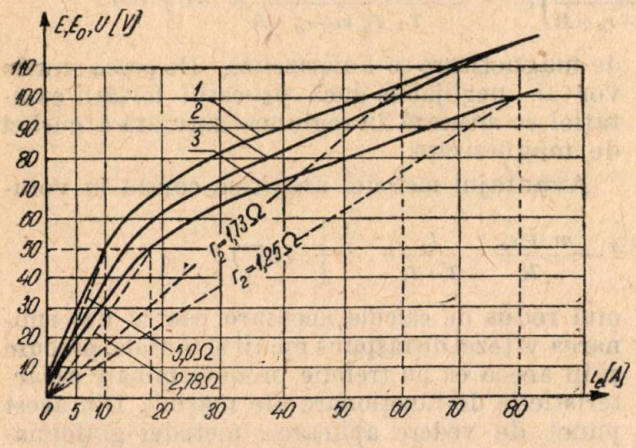


Fig. 4.

$E = f(i_e)$ – caracteristica de mers în gol:
$E_i = f(i_e)$ pentru R const – caracteristica internă (cînd rezistența de sarcină este constantă):
$U = (i_e)$ pentru R const – caracteristica externă (cînd rezistența de sarcina este constantă).

f.e.m. E_0 la mersul în gol a excitatoarei funcție de curentul de excitație.

1. **Excitatoare cu excitație independentă.**

1. 1. *La funcționarea în gol*:

$U_0 = 12{,}5$ V; $i_0 = 10$ A; $E_0 = 50$ V;

$U_p = 75$ V; $i_p = 60$ A; $E_p = 104$ V.

1.1.1. Determinarea grafoanalitică. Aplicînd formula (7) se obține fig. 5 unde este calculată și reprezentată curba creșterii tensiunii în funcție de timp. Pentru Δi s-a luat o valoare de aproximativ (4...10) % din valoarea sa finală. De la punctul $E_0 = 50$ V în intervalul de timp $t = 0{,}5$ s se determină viteza medie de răspuns (sau relativă) în V/s. După cum rezultă din fig. 5, curba *1*, viteza de răspuns este: $V = 140$ V/s, sau viteza de răspuns relativă: $V_r = 2{,}8$ V/s.

1.1.2. Determinarea analitică. În fig. 5, curba *2* reprezintă variația în timp a tensiunii trasată după formula (18), în care constanta de timp T are valoarea (anexa II): $T = 0{,}196$ s. Valoarea vitezei medii de răspuns calculată cu ajutorul formulei (19'') este $V = 8$ S = 136,8 V/s, unde

$$S = (U_p - U_0)\left|(t+T)\,e^{-\frac{t}{T}}\right|_{t=0}^{t=0,5} = 17{,}1 \quad [\text{V/s}],$$

ceea ce concordă cu rezultatul determinat pe cale grafoanalitică. Viteza inițială de răspuns se determină în primul caz trasînd tangenta la curba $U_g = f(t)$ în punctul $t = 0$. Astfel se obține $V_0 = 270$ V/s. În mod analitic aceasta se determină după formula (19): $V_0 = 275$ V/s. Se remarcă o concordanță deplină între rezultatele obținute pe cele două căi.

1.2. *La funcționarea în sarcină.* 1.2.1. Determinarea grafoanalitică. Aplicînd formula (11) se poate calcula și trasa curba *1* din fig. 6. Din fig. 6 curba *1* s-a determinat grafic: $V = 140$ V/s. În fig. 6, curba *2* reprezintă $U_g = f(t)$ calculat analitic conform expresiei (22').

1.2.2. Determinarea analitică. Viteza medie calculată după formula (19''): $V = 142$ V/s. Viteza inițială în primul caz este: $V_0 = 320$ V/s, iar analitic: $V_0 = 336$ V/s.

2. **Excitatoarea cu excitație paralel.**

2.1. *La funcționarea în gol.* În circuitul de excitație se introduce o rezistență suplimentară $r_s = 0{,}48$ Ω pentru

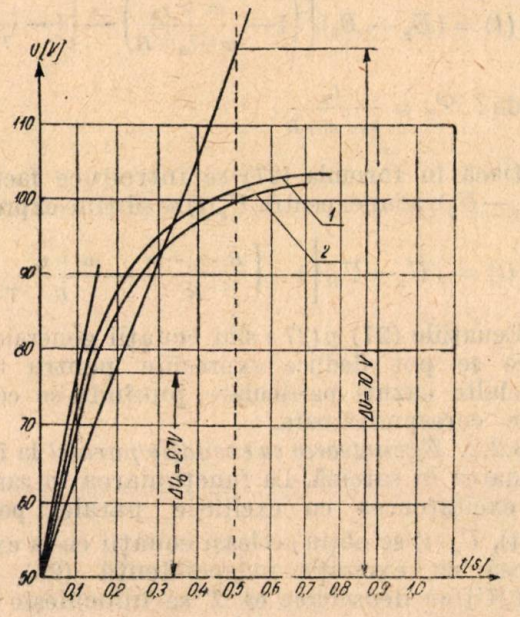


Fig. 5. Determinarea vitezelor de răspuns medie și inițială a excitatoarei cu excitație independentă la mers în gol:

1 – creșterea tensiunii la borne, calculată prin metoda analitică; *2* – creșterea tensiunii la borne calculată prin metoda grafoanalitică.

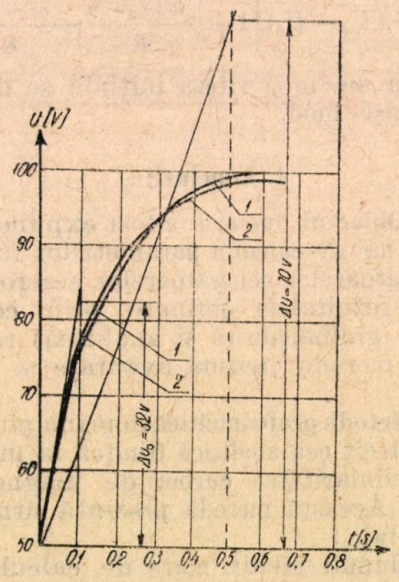


Fig. 6. Determinarea vitezelor de răspuns medie și inițială a excitatoarei cu excitație independentă la funcționarea în sarcină (pe rezistența R):

1 – creșterea tensiunii la borne calculată prin metoda grafoanalitică; *2* – creșterea tensiunii la borne calculată prin metoda analitică.

limitarea curentului de excitație astfel că $r = 1{,}25 + 0{,}48 = 1{,}73$ Ω. Construind caracteristica de mers în gol și a

circuitului de excitație, se găsește că excitatricea se excită pînă la $E_p = 104$ V la curentul $i_p = 60$ A.

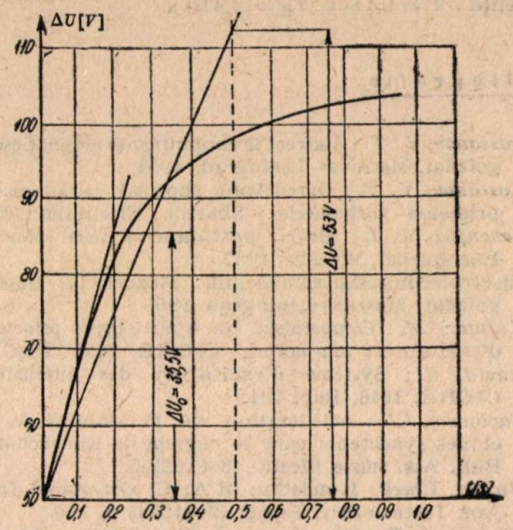


Fig. 7. Determinarea vitezelor de răspuns la excitatoarea cu excitație paralel la mersul în gol prin metoda grafoanalitică.

2.1.1. Determinarea grafoanalitică. Aplicînd formula (8) se calculează și se trasează curba din fig. 7, după care se găsește : $V = 106$ V/s, iar $V_0 = 177$ V/s.

2.1.2. Determinarea analitică. Analitic avem corespunzător : $V = 95{,}2$ V/s și $V_0 = 141$ V/s.

2.2. *La funcționarea în sarcină.* Construind după datele de mai sus caracteristica $U_g = f(i_e)$ ($R = 0{,}333\ \Omega$) se găsește că pentru menținerea tensiunii nominale $U_0 = 50$ V curentul de excitație, $i_0 = 17{,}5$ A; deci, rezistența circuitului de excitație : $r = 2{,}85\ \Omega$, de unde, rezistența suplimentară : $r_s = 1{,}60\ \Omega$.

Construind curba $U = f(i)$ și $U = ri$ se determină tensiunea de plafon $U_p = 100$ V ; $i_p = 80$ A.

2.2.1. Determinarea grafoanalitică. Luînd în considerație expresia (13) se poate calcula și trasa curba din fig. 8. Viteza medie de răspuns determinată cu ajutorul acestei curbe : $V = 86$ V/s, iar viteza inițială : $V_0 = 105$ V/s.

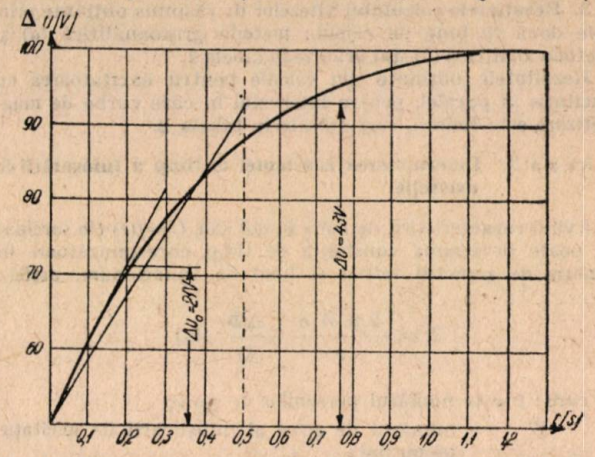


Fig. 8. Determinarea vitezelor de răspuns la excitatoarea cu excitație paralel funcționînd în sarcină, prin metoda grafoanalitică.

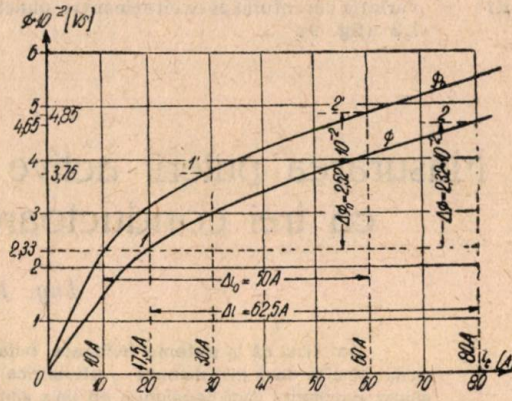


Fig. 9. Curbele dependenței fluxului total al excitatoarei în funcție de curentul de excitație la mers în gol Φ_0 și la mers în sarcină (pe o rezistență) Φ.

Tabela 1

Nr. crt.	Schema de excitație		Metoda de calcul	Viteza medie de răspuns V Absolută	Viteza medie de răspuns V Relativă	Eroarea V%	Viteza inițială de răspuns Absolută	Viteza inițială de răspuns Relativă	Eroarea V_0%
1	Excitatoare cu excitația independentă	Mers în gol	*a*	140	2,80	−2,14	270	5,40	+1,85
			b	136,8	2,74		275	5,50	
2		Mers în sarcină (pe o rezistență)	*a*	140	2,80	+1,43	320	6,40	+5,00
			b	142	2,84		336	6,72	
3	Excitatoare cu excitație în paralel	Mers în gol	*a*	106	2,12	−10,40	177	3,54	−20,30
			b	95,2	1,90		141	2,82	
4		Mers în sarcină (pe o rezistență)	*a*	86	1,72	−1,75	105	2,10	16,20
			b	84,4	1,69		122	2,44	

Tabela 2

Nr. crt.	Metoda de calcul	Viteza medie de răspuns V		Eroarea V%	Viteza inițială de răspuns V_0		Eroarea V_0%
1	Grafoanalitică	60	2,50	−1,60	116	4,84	+3,30
2	Analitică	61	2,54		120	5,00	

2.2.2. Determinarea analitică. Prin metoda analitică s-a găsit (relația 27″) : $V = 84{,}4$ V/s și $V_0 = 122$ V/s.

3. Rezultatele calculului vitezelor de răspuns obținute prin cele două metode de calcul: metoda grafoanalitică (*a*) și metoda analitică (*b*) sînt arătate în tabela 1.

Rezultatele obținute din calcule pentru excitatoarea cu excitație în paralel, pentru intervalul în care curba de magnetizare este liniară, sînt arătate în tabela 2.

Anexa 2. **Determinarea constantei de timp a înfășurării de excitație**

Avînd caracteristica de mers în gol sau $U=f(i)$ (în sarcină) se poate determina constanta de timp corespunzătoare în funcție de punctul inițial și final de funcționare, astfel:

$$T = \frac{2\,p\,W\,\sigma}{r}\,\frac{\Delta\Phi}{\Delta i}\ [\mathrm{s}]$$

în care: p este numărul perechilor de poli;

W — numărul de spire al înfășurării de excitație pe un pol;

r — rezistența circuitului de excitație;

σ — coeficient de scăpări a înfășurării de excitație;

$\Delta\Phi$ — variația fluxului între punctele 1,2 (fig. 8);

Δi — variația curentului de excitație între punctele 1,2 (fig. 9).

Pentru cazul analizat, în acest mod, s-au determinat la funcționarea în gol: $T = 0{,}196$ s, $T_K = 0{,}384$ s; în sarcină pe rezistență: $T = 0{,}148$ s, $T_K = 0{,}410$ s.

Bibliografie

[1] *Casianov, V. T.*: Rasceot iavnopolinsnîh mașin, Gosenergoizdat, Moscova – Leningrad, 1951.

[2] *Casianov, V. T.*: Opredelenie skorosti narastania napriajenia vozbuditelei. Sbornic Electrosila (1951)9.

[3] *Schenffer, C. I.*: Mașini postoianovo toca, Moscova, Energoizdat, Moscova, 1937.

[4] Electrotechniceskii spravocinik, Razdel 17, Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad 1955.

[5] *Vidmar, M.*: Comparaison de quatre types principaux d'excitatrices tournantes, CIGRE, 1954, Rap. 158.

[6] *David, R.*: Système d'excitation des alternateurs, CIGRE, 1946, Rap. 101.

[7] *Lavanchy, Ch.*: Amélioration de la stabilité des machines synchrones pour le réglage de leur excitation, Bull. Ass. suisse Électr. 43 (1952)5.

[8] *Harder, Cheek*: Regulation of A. C. Generators. Trans. Am. Instn. electr. Engng 38 (1944) p. 315.

[9] Electrical Transmission and Distribution Reference Book, Westinghouse Electric, 1942.

Măsurarea puterii active și reactive în sisteme trifazate cu trei conductoare cu un singur wattmetru

Ing. D. FRĂNKEL

Dat fiind că în sisteme trifazate puterea activă și reactivă se măsoară în cele mai multe cazuri cu cîte două instrumente wattmetrice, autorul arată că măsurătoarea se poate face și cu un singur wattmetru dacă tensiunile de linie sînt simetrice și se utilizează un anumit filtru pentru componenta directă a curentului.

C.Z. 621.316.13.025.3 : 621.317.382

Toate schemele de conexiuni ale wattmetrelor indicate în literatură pentru măsurarea puterii active și reactive în sisteme trifazate neechilibrate cu trei conductoare la tensiuni de linie simetrice — inclusiv cele care folosesc elemente auxiliare ca autotransformatoare etc. — necesită cel puțin două instrumente de măsură sau un instrument cu două dispozitive de măsură.

În cele ce urmează se arată că atît puterea activă cît și cea reactivă pot fi măsurate cu un singur wattmetru, folosind un filtru pentru obținerea componentei directe a curentului.

Se știe că puterea activă respectiv reactivă se exprimă în funcție de componentele simetrice ale sistemului tensiunilor de fază care au la bază $\dot{U}_1$, $\dot{U}_2$, $\dot{U}_0$ și ale curenților de fază care au la bază $\dot{I}_1$, $\dot{I}_2$, $\dot{I}_0$ sub forma:

$$P = 3\,U_1\,I_1\cos\varphi_{11} + 3\,U_2\,I_2\cos\varphi_{22} + 3\,U_0\,I_0\cos\varphi_{00} = P_1 + P_2 + P_0$$

$$P_r = 3\,U_1\,I_1\sin\varphi_{11} + 3\,U_2\,I_2\sin\varphi_{22} + 3\,U_0\,I_0\sin\varphi_{00} = P_{1r} + P_{2r} + P_{0r}$$

în care φ_{11}, φ_{22} și φ_{00} sînt unghiurile de defazaj dintre componentele tensiunilor și curenților respectivi.

În literatură [3] și [4] se indică scheme de măsurare a termenilor P_1, P_2, P_0, folosind filtre pentru obținerea componentelor simetrice ale tensiunilor și curentului. Or, în sisteme trifazate cu trei conductoare suma curenților de fază este nulă, deci $I_0 = 0$, iar la tensiuni de linie simetrice componenta inversă a tensiunilor de fază este nulă $\bar{U}_2 = 0$ (fig. 1). În acest caz

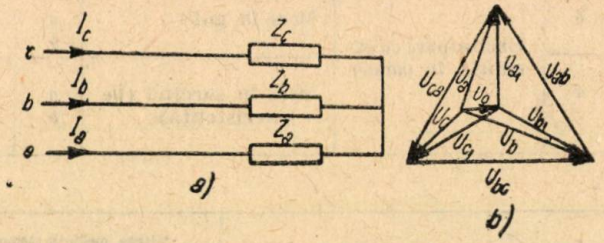


Fig. 1. Sistem trifazat cu trei conductoare și tensiuni de linie simetrice, încărcare nesimetrică.

puterea activă respectiv reactivă se exprimă prin:

$$P = 3\,U_1\,I_1\cos\varphi_{11}$$

respectiv:

$$P_r = 3\,U_1 I_1 \sin \varphi_{11}.$$

Indicația unui wattmetru va fi prin urmare proporțională cu puterea activă, respectiv reactivă, dacă la bornele de tensiune ale wattmetrului se aplică o tensiune proporționată cu U_1, prin bobina de curent trece un curent de valoare proporțională cu I_1, unghiul dintre tensiune și curent fiind φ_{11} respectiv $\frac{\pi}{2} - \varphi_{11}$. Or, este simplu să se dispună de o tensiune proporțională cu componenta directă a tensiunilor de fază, fie prin tensiunea de linie $U_l = \sqrt{3}\,U_1$, fie prin crearea unui punct neutru artificial,

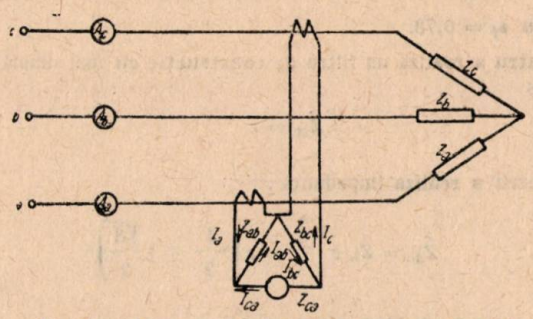


Fig. 2. Filtru pentru componenta directă a sistemului curenților de fază.

iar cu ajutorul unor circuite speciale, numite filtre, se poate obține curenți de valoare proporțională cu componenta directă a sistemului de curenți I_1 și defazată față de aceasta cu un unghi anumit, sau în fază cu acesta. Într-adevăr să considerăm un astfel de filtru (fig. 2) și să arătăm că curentul I_{ca} al filtrului este proporțional cu componenta directă I_1 a curenților de fază și defazat cu $\frac{2\pi}{3}$ în urma lui. Aplicînd legile lui Kirchhoff avem:

$$\dot{I}_{ab} = \dot{I}_a + \dot{I}_{ca}$$

$$\dot{I}_{bc} = \dot{I}_c + \dot{I}_{ca}$$

$$\dot{I}_{ab}\dot{Z}_{ab} + \dot{I}_{bc}\dot{Z}_{bc} + \dot{I}_{ca}\dot{Z}_{ca} = 0$$

$$\dot{I}_{ca} = -\frac{\dot{I}_a\dot{Z}_{ab} + \dot{I}_c\dot{Z}_{ca}}{\dot{Z}_{ab} + \dot{Z}_{bc} + \dot{Z}_{ca}}.$$

Componenta omopolară a sistemului curenților de linie fiind nulă:

$$\dot{I}_a = \dot{I}_1 + \dot{I}_2$$

$$\dot{I}_c = a\dot{I}_1 + a^2\dot{I}_2$$

$$\dot{I}_{ca} = -\frac{\dot{I}_1(\dot{Z}_{ab} + a\dot{Z}_{bc}) + \dot{I}_2(\dot{Z}_{ab} + a^2\dot{Z}_{bc})}{\dot{Z}_{ab} + \dot{Z}_{bc} + \dot{Z}_{ca}}$$

unde $a = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$ și $a^2 = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}$

alegînd impedanțele $\dot{Z}_{ab}$ și $\dot{Z}_{bc}$ astfel încît să satisfacă relația

$$\dot{Z}_{ab} + a^2\dot{Z}_{bc} = 0 \qquad (1)$$

obținem:

$$\dot{I}_{ca} = -\dot{I}_1\frac{\dot{Z}_{ab} + a\dot{Z}_{bc}}{\dot{Z}_{ab} + \dot{Z}_{bc} + \dot{Z}_{ca}}.$$

Prin impedanța $\dot{Z}_{ca}$ curge, așadar, un curent proporțional cu componenta directă I_1, dar defazat în urma acesteia cu un unghi θ. Dacă valoarea impedanței Z_{ca} este neglijabilă față de valoarea impedanței $\dot{Z} = \dot{Z}_{ab} + \dot{Z}_{bc}$ unghiul de defazaj este:

$$\theta = \frac{2\pi}{3}.$$

Într-adevăr, din relația (1) rezultă:

$$\dot{Z}_{ab} = -a^2\dot{Z}_{bc} = e^{j\frac{\pi}{3}}$$

$$\dot{I}_{ca} = -\dot{I}_1\frac{\dot{Z}_{bc}\left(e^{j\frac{\pi}{3}} + e^{j\frac{2\pi}{3}}\right)}{\dot{Z}_{bc}\left(e^{j\frac{\pi}{3}} + 1\right) + \dot{Z}_{ca}}$$

dacă $Z_{ca} \approx 0$

$$\dot{I}_{ca} = -I_1 e^{j\frac{\pi}{3}}$$

adică este defazat cu 60° înaintea lui $-I_1$ deci cu $\frac{2\pi}{3}$ în urma lui $\dot{I}_1$ (fig. 3). În acest caz, unghiul

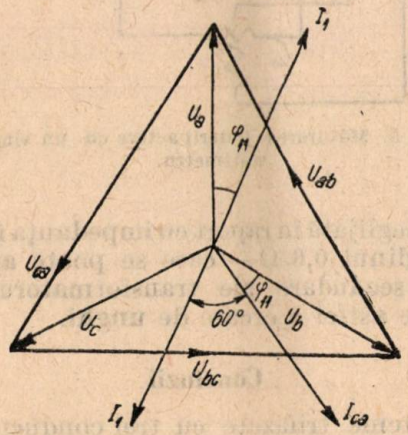


Fig. 3. Diagramă indicînd defazajul curentului filtrat I_{ca}.

dintre $\dot{U}_{ca}$ și $\dot{I}_{ca}$ este $\psi = \frac{\pi}{2} - \varphi_{11}$. Aceasta deoarece $U_{ca} \perp U_3$, iar unghiul între U_b și I_{ca} este φ_{11}; deci, wattmetrul la bornele căruia se aplică tensiunea U_{ca} și prin bobina de curent a căruia trece curentul I_{ca} măsoară (fig. 4):

$$M = \sqrt{3}\,U_1 I_1 \cos\psi = \sqrt{3}\,U_1 I_1 \sin\varphi_{11} = \frac{1}{\sqrt{3}}P_r.$$

Folosind un punct neutru artificial pentru obţinerea tensiunilor de fază U_{1a}, U_{1b}, U_{1c},

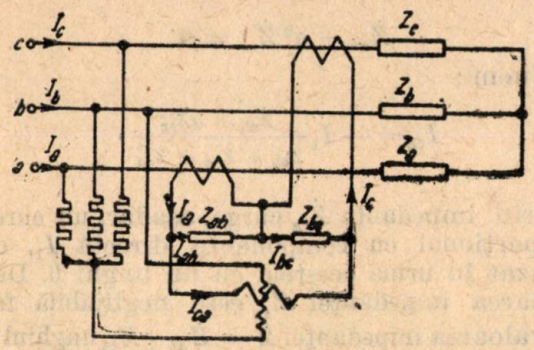


Fig. 4. Măsurarea puterii reactive cu un singur wattmetru.

wattmetrul conectat la tensiunea U_{1b} şi curentul I_{ca} măsoară (fig. 5):

$$M = U_1 I_1 \cos \varphi_{11} = \frac{1}{3} P.$$

În cazul nostru impedanţa $\dot{Z}_{ca}$ este impedanţa bobinei de curent a wattmetrului — de obicei de ordinul de mărime 0,05 Ω—care deşi mică nu

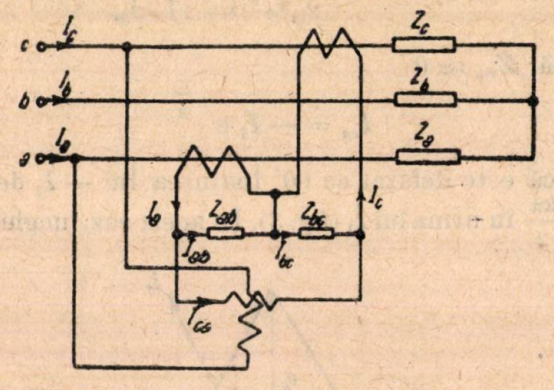


Fig. 5. Măsurarea puterii active cu un singur wattmetru.

poate fi neglijată în raport cu impedanţa maximă — de ordinul 0,6 Ω — care se poate aplica la bornele secundare ale transformatorului. Se introduce astfel o eroare de unghi.

Concluzii

În sisteme trifazate cu trei conductoare la simetria tensiunilor de linie puterea activă şi reactivă respectiv energia activă şi reactivă pot fi măsurate cu un singur wattmetru respectiv contor folosind un filtru pentru componenta directă a curentului.

Anexa 1 Exemplu numeric

Rezistenţa bobinei de curent a wattmetrului este 0,05 Ω iar inductivitatea ei $0{,}2.10^{-5}$ H, din calcul rezultă că eroarea de unghi este 2°10′ în minus, adică: $\theta = 177°50'$.

În ce priveşte eroarea datorită variaţiei frecvenţei cu ± 1% ea este sub 0,5%, chiar la un grad mare de nesimetrie $\varepsilon_1 = \frac{I_2}{I_1} = 0{,}73$. Într-adevăr notînd cu I'_{ca} curentul filtrat cînd frecvenţa variază cu ± 1% şi considerînd cazul cel mai defavorabil cînd $\dot{I}_1$ şi $\dot{I}_2$ sînt în fază, se obţine:

$$\frac{I'_{ca} - I_{ca}}{I_1} < \frac{|\dot{I}'_{ca} - \dot{I}_{ca}|}{I_1} = \frac{(1 + \varepsilon_j)\, 0{,}01}{2\sqrt{3}} = 0{,}005$$

pentru $\varepsilon_j = 0{,}73$.

Pentru a realiza un filtru de construcţie cît mai simplă se alege:

$$\dot{Z}_{bc} = r$$

Pentru a realiza impedanţa:

$$\dot{Z}_{ab} = \dot{Z}_{bc}\, e^{j\frac{\pi}{3}} = r\left(\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)$$

este necesară o bobină cu inductanţa de valoare:

$$X_L = r\frac{\sqrt{3}}{2}$$

independentă de curent.

S-a ales o bobină cu miez de fier la care s-a introdus un întrefier suficient de mare pentru ca variaţia inductivităţii în funcţie de curent să fie neglijabilă.

Din măsurători rezultă că precizia filtrului astfel construit este de 1%. Prin folosirea acestui filtru se obţine la măsurarea puterii reactive cu wattmetre avînd $r = 0{,}05$ Ω şi $L = 0{,}2.10^{-5}$ H rezultate afectate de erori sub 2%.

Din cele de mai sus rezultă că folosind în locul wattmetrului un contor cu inducţie se poate măsura în mod analog energia activă şi reactivă. Eroarea de unghi în acest caz va fi mai mică deoarece impedanţa înfăşurării serie a contorului este mai mică de obicei decît a wattmetrului — de ordinul 0,02 Ω. Eroarea evidenţiată mai sus de 2% se micşorează.

Bibliografie

[1] *Andronescu, Pl.*: Electricitate şi electrotehnică, Ed. IPT, 1953.

[2] *Neiman, R. L.* şi *Kalantarov, L. P.*: Bazele teoretice ale electrotehnicii, vol. II, Ed. Tehnică, Bucureşti, 1954.

[3] *Iliovici, A.*: Les coordonnées symetriques en electrotechnique, Paris, 1953.

[4] *Antoniu, I. S.*: Chestiuni speciale de electrotehnică, Edit. Academiei R.P.R., Bucureşti, 1956.

[5] *Baida* şi *Fremke*: Curs de măsuri electrice, Ed. Tehn., Bucureşti, 1954.

REFERATE

Maşini

C.Z.621.313.226.

Rapidina, o maşină de amplificare modernă. [După *F. Nechleba*: Electrotechn. Z. (ETZ) A 77 (1956) 11, p. 326—329].

În tehnica modernă a reglajului şi comenzilor automate, sînt utilizate felurite amplificatoare: electronice, magnetice sau rotative. Unele din amplificatoare rotative utilizate în ultimii ani sînt de tipul amplidină sau rapidină.

Despre rapidină s-a scris foarte puţin. Autorul expune în articol, proprietăţile acestei maşini comparativ cu amplidina, ambele maşini fiind prevăzute cu două trepte de amplificare. În expunerea făcută, se consideră că atît construcţia cît şi modul de acţionare al amplidinei sînt cunoscute. Rapidina în actuala construcţie este o maşină de amplificare de curent continuu cu două generatoare de curent continuu, montate în cascadă, în care unul din ei debitează excitaţia necesară celuilalt. Induşii ambelor maşini sînt montaţi pe acelaşi ax iar inductorii au o carcasă comună. În articol se arată că un amplificator rotativ trebuie să îndeplinească şi o anumită condiţie de amplificare pe lîngă aceea de a debita o putere bine stabilită, iar variaţiile în circuitele de intrare şi ieşire trebuie să se succeadă cu o rapiditate corespunzătoare adică constanta de timp ar trebui să aibă o valoare cît se poate de redusă. Cifra de calitate a unui amplificator este definită de raportul dintre amplificare şi constanta de timp.

Se arată avantajele şi dezavantajele respective ale amplidinei şi rapidinei. În continuare, autorul expune proprietăţile tehnice de reglaj ale rapidinei şi se arată valorile cifrei de calitate, amplificării şi a constantei de timp în funcţie de puterea debitată pentru puteri între 0.4 şi 100 kW.

În încheiere sînt expuse unele relaţii matematice pentru dimensionarea amplificatoarelor rotative. *M.P.*

C.Z.621.317.43.042.2

Pentru determinarea pierderilor în fier la tole electrice speciale. [După *L. Ruess*: Electrotechn. Z. (ETZ) B, 8 (1956) 6, p. 229—232].

În normele DIN 46400 sînt date directive pentru determinarea pierderilor în fier la tole laminate la cald pînă la cifra inferioară de $V_{10} = 1{,}0$ W/kg. Nu există însă, în prezent, norme pentru tolă specială, laminată la cald sau la rece.

Autorul expune în introducere dependenţa pierderilor prin histerezis şi curenţi Foucoult de conţinutul de siliciu ca şi de rezistenţa specifică electrică şi grosimea tolei. Se arată că în industrie este mai util a se cunoaşte pierderile specifice V_{15} decît V_{10}. Se ivesc însă greutăţi în măsurarea exactă a pierderilor specifice V_{15} la tola laminată la cald.

Se arată în continuare proprietăţile tolei laminate la cald ca şi acelea ale tolei laminate la rece cu orientare magnetică şi se expun curbe cu rezultatele măsurării pierderilor tolelor laminate la cald, la rece, recoapte, pe probe tăiate în sensul şi perpendicular pe direcţia de laminare. În alte curbe, se arată variaţia inducţiei la proba de tolă, pe toată lungimea ei. *M. P.*

C.Z.621.313.1.017.7

Creşterea de temperatură în maşinile electrice prin analogie cu proprietăţile reţelelor termice. [După *J. J. Bates, A. Tustin*: Proc. Instn. electr. Engrs. A 44 (1956) 11, p. 471—482].

Sînt analizate condiţiile în care o maşină electrică poate fi considerată drept o reţea termică, cu conductanţe şi capacitanţe concentrate, cu analogie electrică. Se arată că această echivalenţă este valabilă deşi rezistenţele termice sînt distribuite. Se analizează sursele de neliniaritate şi se arată că în unele cazuri este adecvat un model liniar. Efectul transportului de căldură de către agentul de răcire nu poate fi introdus într-un model obişnuit. Ecuaţiile sînt liniare, dar nu au proprietăţile de simetrie şi reciprocitate caracteristice reţelelor statice. Se indică metode de cercetare a coeficienţilor acestor ecuaţii, sau a constantelor unei reţele electrice analoge.

Se dau rezultatele măsurărilor efectuate asupra a două motoare de 25 CP, unul de tip cu ventilaţie forţată, iar altul capsulat, precum şi deducerea ecuaţiilor corespunătoare şi a reţelei termice echivalente. Se dau date asupra distribuţiei temperaturii în diferite părţi ale maşinii, în sarcină permanentă şi în sarcină variabilă. Se pun bazele unui studiu asupra creşterii de temperatură în maşini funcţionînd cu sarcini şi viteze variabile. *I. C.*

C.Z.621.313.13.017.7

Performanţele şi încălzirea motoarelor cu sarcini de scurtă durată. [După *A. Tustin, D. F. Nettell, R. Solt*: Proc. Instn. electr. Engrs., A 44 (1956) 11, p. 493—504].

Se arată curbele care trebuie ridicate şi prezentate pentru a uşura proiectarea sau alegerea motoarelor utilizate la sarcini de scurtă durată, de exemplu pentru macarale sau pentru tracţiunea urbană. Din aceste curbe se pot uşor deduce valorile vitezei, puterea absorbită sau creşterea de temperatură a motorului, în funcţie de parametrii care intervin în exploatare. Metoda consta în a stabili condiţiile în care caracteristicile motorului sînt similare cu curbele viteză-timp ale programului de lucru.

Se prezintă curbele care dau durata de funcţionare, curentul absorbit, coeficienţii încălzirii şi alte mărimi care rezultă din încercarea unui motor-serie, avînd curba de magnetizare de o formă caracteristică motoarelor de moară moderne. Se arată aplicarea acestor curbe în vederea alegerii unui motor de macara cu cursă lungă. *I. C.*

C.Z.621.313.13.017.7

Creşterea de temperatură în maşinile electrice la sarcini şi viteze variabile. [După *A. Tustin, J. J. Bates*: Proc. Instn. electr. Engrs. A 44 (1956)11, p. 483—492].

La alegerea unei maşini electrice trebuie să se ştie cît se vor încălzi înfăşurările în cazul celor mai grele condiţii de funcţionare ce se pot prevedea. Acest lucru este dificil în cazul unei funcţionări cu variaţii de sarcină şi viteză. Se dau relaţii cu care se pot face unele evaluări pe baza rezultatelor măsurătorilor de temperatură la o maşină de acelaşi tip, lucrînd după un program dat. Datele obţinute se reprezintă prin două curbe care indică posibilităţile maşinii. Specificaţiile asupra pierderilor de energie în maşină devin inutile. Metoda constă în comparaţia între programul de lucru prevăzut al maşinii şi măsurările la platformă pentru diversele condiţii care alcătuiesc programul.

Se arată metodele de interpretare a încercărilor de tip şi se indică rezultatele măsurărilor şi a calculelor pentru două motoare de moară de 25 CP curent continuu, unul cu ventilaţie forţată şi celălalt capsulat. *I.C.*

Materiale

C.Z. 621.315.614.64.027.8

Hîrtia de cablu folosită la izolaţii de foarte înalte tensiuni. [După *R. V. Kulacova* şi *K. I. Voidening*: Vestnic electropromîşlennosti, 27 (1956) 7, p. 42—46].

În realizarea izolaţiilor cablurilor de foarte înalte tensiuni, 110 — 400 kV se folosesc hîrtii speciale, spre deosebire de cele folosite pentru cablurile de tensiuni pînă la 35 kV. În articol sînt redate, comparativ, caracteristicile fizico-mecanice, chimice şi dielectrice ale hîrtiilor folosite în izolaţii. Este studiată variaţia pierderilor dielectrice în funcţie de densitatea hîrtiei, impregnată în diverse uleiuri minerale. Tensiunea de străpungere a hîrtiei de 0,014 mm folosită la izolarea cablurilor de 400 kV, impregnată în ulei de transformator, variază între 219 şi 243 kV/mm, în funcţie de temperaturile de încercare. Se studiază variaţia tensiunii de străpungere a hîrtiei impregnate în funcţie de presiunea uleiului din interiorul cablului pentru diferite sorturi de hîrtii. Din studiu

reiese că se poate tinde la creşterea rigidităţii dielectrice a hîrtiei prin: micşorarea grosimii, mărirea densităţii, micşorarea interstiţiilor de aer şi ridicarea presiunii materialului de impregnare. *A.B.*

C.Z.621.315.2.027.8 : 621.315.61

Caracteristicile izolaţiilor cablurilor pentru tensiuni foarte înalte [După *L. I. Maceret* şi *B. B. Zverev*: Vestnic electropromislenosti, 27 (1956) 3, p. 10].

Se arată caracteristicile speciale ale izolaţiilor cablelor pentru foarte înalte tensiuni (110,220 şi 400 kV) spre deosebire de izolaţiile cablelor pentru tensiunile pînă la 35 kV. Se descrie tehnologia înfăşurării izolaţiilor cablelor. Se face un studiu analitic al înfăşurărilor, stabilindu-se relaţii între diametrul conductorului, pasul, unghiul de înfăşurare şi lăţimea benzii. Conform formulelor rezultate sînt trasate diagramele variaţiei curburii secţiunii benzii în funcţie de: *a*) diametrul cablului şi pasul de înfăşurare; *b*) unghiul de izolare şi pasul de înfăşurare; *c*) pasul de înfăşurare şi diametrul cablului. La fel sînt studiate diagramele variaţiei stabilităţii izolării în funcţie de unghiul de înfăşurare în diverse variante.

Pe baza studiilor de mai sus s-a putut determina regimul de izolaţie pentru cabluri de 220 kV, obţinîndu-se rezultate satisfăcătoare. *A.B.*

C.Z.621.315.617.4

Lac electroizolant cu emulsie apoasă. [După *A. K. Vardenburg*: Vestnic electropromişlenosti, 27 (1956) 1, p. 5].

Se descrie un nou lac electroizolant nr. 321, cu emulsie apoasă. Se descrie tehnologia impregnării bobinajelor maşinilor electrice cu acest lac. Se arată caracteristicile fizicochimice ale lacului. Rigiditatea dielectrică a acestui lac este ridicată, 55—63 kV/mm, la temperatura de 20°C. Este arătat mecanismul formării peliculei de lac. S-au făcut experimentări cu o serie de statoare tip AO-42, putere 28 kW, impregnate cu lacul nr. 321 şi s-au trasat curbele corespunzătoare variaţiei rezistenţelor izolaţiei în funcţie de timp, pentru regimuri de încălzire (temperaturi de palier) 100, 115, 120 şi 150°C. Rezultatele obţinute au arătat că temperatura optimă de uscare este de 120°C. Întrebuinţarea lacului nr. 321 este economică, în sensul că preţul lui este mai mic (comparativ cu lacurile folosite pînă în prezent) şi se fac economii substanţiale la diluanţii organici. *A.B.*

C.Z.621.315.53 : 621.316.172

Aluminiul în instalaţiile electrice. [După *A. Herhahn*; Elektrotehn. Z. (ETZ) B. 8 (1956) 6, p. 239—240].

În timp ce aluminiul este frecvent utilizat, avantajos, în reţele, în staţii de distribuţii şi în construcţia de maşini electrice, întrebuinţarea lui în instalaţiile electrice curente este făcută sub anumite rezerve. În articol se tratează în special utilizarea aluminiului blanc pentru coloanele de alimentare la clădirile înalte în diverse ţări. Astfel în S.U.A., în construcţiile foarte înalte care cuprind birouri sau locuinţe, distribuţia se face prin coloane din aluminiu cu profil special, dispuse astfel încît să aibe o inductanţă minimă şi să menţină căderi de tensiune acceptabile, la curenţi intenşi. Aceste coloane sînt prefabricate, în lungimi diferite. În Franţa coloanele de distribuţie mai des utilizate sînt din aluminiu blanc, fie în formă de benzi de 20×4 mm montate pe suporţi izolanţi, fie în formă de tuburi de 20 mm diametru exterior cu secţiuni de la 60 mm² pînă la 115 mm² diametrul interior reducîndu-se corespunzător şi pînă la 314 mm² pentru bara masivă de acelaşi diametru exterior. În încheiere se arată avantajele utilizării conductoarelor de aluminiu. Astfel la o conductibilitate egală cu aceea a cuprului greutatea aluminiului se reduce la jumătate faţă de aceea a cuprului; pe de altă parte, costul aluminiului este pe jumătate faţă de acel al cuprului. Din aceste consideraţii rezultă că la aceeaşi conductibilitate costul conductorului de aluminiu este de patru ori mai mic faţă de acela al cuprului. Se arată că în general pentru instalaţiile curente în cupru, costul coloanelor de distribuţie revine la circa 10 % din costul întregii instalaţii electrice, în timp ce pentru coloane din aluminiu, costul revine între 5 şi 7 %. *M. P.*

C.Z.537.226

Materiale feroelectrice. [După *P. Poper*: J. Instn. electr. Engrs. 20 (1956) aug., p. 450—457].

Articolul are scopul de a expune şi de a clarifica proprietăţile, aparent complexe, ale materialelor feroelectrice. Explicaţia fizică a feromagnetismului şi a feroelectricităţii este însoţită de două tabele cu materiale feroelectrice şi antiferoelectrice cu respectivele puncte Curie. Principalul material feroelectric este titanatul de bariu. Se arată variaţia permeabilităţii acestuia în funcţie de temperatură la o frecvenţă de 1 MHz şi variaţia permeabilităţii în funcţie de intensitatea cîmpului la 50 Hz şi 22°C. După o scurtă prezentare a proprietăţilor electromecanice şi a modului de preparare a titanatului de bariu, se expun cîteva din numeroasele utilizări posibile ale materialelor feroelectrice.

Aplicaţiile se încadrează în trei grupe, corespunzătoare proprietăţilor lor esenţiale: înalta permeabilitate, neliniaritatea ciclului histerezis şi proprietăţile electromecanice. Din prima categorie fac parte condensatoarele ceramice, folosite cu mult succes în domeniul tensiunilor joase, la valori de 500—10 000 pF. Un amestec de titanat de bariu feroelectric cu titanat de stronţiu neferoelectric ar putea da un material cu o înaltă permeabilitate la temperatura camerei. Din categoria a doua nu se citează realizări, dar se studiază utilizarea în circuite acordate pentru modularea frecvenţei sau ca amplificatoare dielectrice. În sfîrşit, în cadrul celei de a treia categorii, materialele feroelectrice pot înlocui cristalele de cuarţ în aplicaţiile piezoelectrice. Numeroase alte utilizări se întrevăd pentru viitorul apropiat. *I.C.*

C. Z. 621.775.7 : 621.3

Metale sinterizate în electrotehnică. [După *R. Palme*: Elektrotechn. Z. (ETZ) B, 8 (1956) 6, p. 233—238].

Un important domeniu în metalurgia pulberilor metalice este producţia semifabricatelor din metale cu punct de topire înalt: wolfram, molibden, tantal. Aliajele sinterizate din wolfram şi cupru sau argint au căpătat o importanţă deosebită pentru materialele destinate fabricării contactelor. În articol se descrie procesul de fabricaţie. Se menţionează şi alte aliaje sinterizate: argint cu nichel, oxid de cadmiu cu grafit ca şi cupru cu grafit pentru piese de contact. Se arată, în continuare, utilizarea wolframului şi molibdenului sinterizaţi în industria lămpilor electronice şi roentgen. Datorită coeficientului redus de dilatare, aceste două metale sînt utilizate ca electrozi de trecere prin sticlă, în special la temperaturi peste 450°C. Wolframul mai este utilizat în tehnica sudurii cu arc, ca electrod, în domenii speciale. Se arată, de asemenea, utilizarea largă a acestui metal la distribuitoarele de aprindere la motoarele cu combustie. Se arată utilizarea tantalului sinterizat ca electrozi în tuburi cu vid înaintat şi în domeniul unde rezistenţa lui la coroziune este necesară.

În continuare, se arată că metalurgia pulberilor metalice permite fabricarea de piese finite care nu necesită alte prelucrări speciale. Articolul se încheie cu 42 referinţe bibliografice. *M. P.*

C.Z.621.315.61 : 621.317.333.8

Încercarea la impuls cu undă de tensiune pozitivă şi negativă a izolatoarelor de tipuri diverse. [După *C. de Bernochi*: L'Energia Elettrica, XXXIII (1956)3, p. 301—311]

În articol se dau rezultatele încercărilor la impuls de tensiune făcute asupra a 46 de izolatoare de tipuri diferite. Încercările au fost executate în vederea determinării tensiunii 50 % de conturnare la impuls de tensiune cu undă normalizată 1/50 negativă şi pozitivă. Din studierea numeroaselor oscilograme (din care 22 sînt reproduse în articol) s-au făcut o serie întreagă de deducţii relative la comportarea diverselor tipuri de izolatoare la impuls de tensiune, deducţii concretizate în două genuri de diagrame: *a*) diagrame care reprezintă variaţia tensiunii de conturnare în funcţie de lungimea arcului; *b*) diagrame care reprezintă diferenţa procentuală dintre valoarea tensiunii de conturnare la impuls, obţinută de undă pozitivă şi cea obţinută cu undă negativă, în funcţie de lungimea arcului. Din studiile efectuate rezultă concluziile principale:

1. Pentru toate tipurile de izolatoare studiate tensiunea 50 % de conturnare la implus este mai mare în cazul undelor negative decît în cazul undelor pozitive.

2. Diferenţa procentuală maximă dintre valorile tensiunii de conturnare la undă, pozitivă şi negativă nu trebuie să depăşească 40 %.

3. Întîrzierea la conturnare, în marea majoritate a cazurilor, este mai mare pentru undele pozitive decît pentru undele negative. *C.P.*

Staţii

C.Z.621.316.262

Staţii de transfomare complete. [După *A. V. Elman*: Vesnic electropromîşlennosti, 27(1956) 1, p. 3].

Industria sovietică de transformatoare a început livrarea unor staţii de transformare complete pentru puteri pînă la 100 kVA şi tensiuni pînă la 10 kV, care se vor folosi în special în agricultură.

Staţia completă se compune din: un transformator de forţă, întreruptor de înaltă tensiune şi tablouri de distribuţie.

În partea de înaltă tensiune este instalat următorul aparataj: *a*) separator tripolar, *b*) siguranţele de înaltă tensiune, *c*) descărcătoare pentru protecţia la supratensiuni.

În partea de joasă tensiune este montată următoarea aparatură: *a)* relee X, protecţie maximală; *b*) întreruptoare tip pachet, *c*) siguranţe pentru joasă tensiune, *d*) contoare de energie, *e*) transformatoare de curent, *f*) dispozitive pentru încălzirea contorului şi releului permiţînd menţinerea temperaturii lor nu mai joasă de 0°C, indiferent de temperatura mediului înconjurător.

Puterile normalizate sînt pentru 20, 30, 50 şi 100 kVA. *A.B.*

Măsurători

C. Z. 621.317.326 : 621.43.044

Măsurarea tensiunii arcului la dispozitivele de aprindere la autovehicule. [După *F. C. Schib*: Elektrotechn. Z. (ETZ)B 8 (1956) 8, p. 298-300].

Exigenţele mereu crescînde în calitatea dispozitivelor de aprindere pentru autovehicule, au făcut necesară o mai mare preciziune în procedeele de încercări. În articol se arată că pentru stabilirea tensiunii şi determinarea calităţilor acestor dispozitive (bobine de aprindere, distribuitor, magnetou etc.) în ultimii ani, se utilizează un dispozitiv electrostatic pentru măsurarea amplitudinii tensiunii. Se arată inconvenientele acestui procedeu şi, în special, că măsurătoarea trebuie să fie independentă de forma curbei tensiunii. Pe de altă parte, aprinderea depinzînd şi de intensitatea arcului, stabilirea calităţii acestei intensităţi prin metode subiective (culoarea, zgomotul produs de arc) nu sînt mulţumitoare.

Autorul expune avantajele dispozitivului francez CTA Norm pentru „tragerea arcului" prevăzut cu vîrf de ionizare faţă de dispozitivul DIN 725 42—45 şi DIN 725—31. Se expun curbele tensiunii arcului în funcţie de timpul de impuls cu şi fără ionizare artificială. În continuare, se arată importanţa pe care o au la producerea arcului, rezistenţele şi capacităţile produse de ancrasarea bujiei, capacităţi în corpul izolant al bujiei, în cablul cu manta metalică antiparazitară. Se arată că dispozitivul de control trebuie să aibă montate în paralel cu vîrfurile unde se produce arcul, rezistenţe şi capacităţi de diverse valori care să poată reproduce condiţiile normale de funcţionare. După necesităţile autovehiculelor, tensiunea de aprindere este împărţită în trei clase ceea ce se resfrînge asupra distanţei de aprindere. În încheiere se descrie un dispozitiv pentru măsurarea regularităţii producerii arcului cu turaţii ridicate. Referinţe bibliografice: 11 *M. P.*

C. Z. 621.396.828.2·

Ecranarea electromagnetică a încăperilor ca mijloc de deparazitare în radio. [După *M. Bier:* Electrotechn. Z. (ETZ) A 77 (1956) 11, p. 321—325].

Ecranarea încăperilor este făcută pentru a permite funcţionarea nestînjenită în încăperi ecranate, fie a aparatelor sensibile de măsură sau de telecomunicaţii, fie a aparatelor producătoare de paraziţi radio foarte puternici. În trecut, ecranarea se făcea pentru un domeniu al undelor cuprins între 150 kHz şi 10 MHz şi era constituit dintr-o reţea de sîrmă. Cu dezvoltarea electrotehnicii aceeastă ecranare a devenit insuficientă şi s-a recurs la reţele duble de eranare care au fost întrebuinţate pînă în ultimul timp, cînd nici acest gen de ecranare nu a mai fost mulţumitor. În articol se arată inconvenientele acestor procedee şi se dau în curbe rezultatele măsurătorilor atenuării de ecranare în funcţie de frecvenţă, pentru diferite ecrane din sîrmă de fier zincată împletită sau cupru şi cu diverse forme de ochiuri.

Se dă ca valoare a atenuării 80 dB pentru o ecranare bună şi se expun procedee pentru măsurarea atenuării la ecranarea încăperilor. În continuare se arată evoluţia noilor elemente de ecranare în special pentru pereţi, la elemente mobile cu asigurarea contactului, ecranarea orificiilor pentru trecerea aerului şi luminii şi ecranarea faţă de înalta frecvenţă. În încheiere autorul descrie procedeele actuale de ecranare pentru încăperi şi pentru cabine mobile. *M.P.*

Tracţiune

C.Z.621.33.002.5 (S)

Dezvoltarea construcţiei echipamentului electric folosit în tracţiune. [După *A. A. Rabinovici*; Vestnic electropromîşlenosti, 27 (1956) 2, p .7].

Faţă de cerinţele celui de al VI-lea Cincinal care prevede electrificarea a circa 8 100 km de cale ferată, industria sovietică va avea sarcini sporite în ceea ce priveşte construcţia echipamentului electric corespunzător. Astfel, pînă la 1960 vor trebui puse în exploatare încă 550 locomotive electrice şi 1630 locomotive Diesel. Punctele principale ale dezvoltării construcţiei echipamentului electric sînt următoarele:

1) mărirea puterii unitare pe locomotivă; astfel puterea locomotivei electrice BL-22 de 132 t de la 2 040 s-a mărit la 2 400 kW;

2) folosirea sarcinii independente a electromotoarelor pentru tracţiune:

3) mărirea vitezei de rotaţie şi a siguranţei în exploatare a electromotoarelor pentru tracţiune;

4) lărgirea domeniului de folosire a frînei electrice; prin aceasta se va mări frînarea de la 3,5—4 m/s²;

5) folosirea tracţiunii în curent continuu şi în curent alternativ la tensiuni şi frecvenţe normalizate;

6) automatizarea sistemelor de acţionare şi îmbunătăţire a construcţiilor aparatajului folosit în tracţiune. *A.B.*

Electrochimie

C.Z.621.352

Pilele electrice după brevetele recente. [După *L. Jumau*: Rev. gén. Electr., 65 (1956) 7, p.401—418].

În acest articol autorul analizează brevetele franceze recente (de la 1951) în domeniul pilelor electrice subliniind particularităţile caracteristice ale invenţiilor din aceste brevete.

Autorul prezintă întîi brevetele referitoare la regenerarea pilelor uscate, ieşite din uz. Urmează studiul brevetelor referitoare la pile de tipul Leclanché normal şi cu depolarizant aer. Sînt apoi tratate pilele Leclanché cu electrozi plaţi sau electrozi bipolari. Din prezentarea acestora se poate observa importanţa pe care le au aceste pile care permit obţinerea energiei specifice de greutate şi de volum mult mai mari decît la pilele normale. De asemenea montajul bateriilor este mult simplificat, mai ales al bateriilor de tensiune.

Autorul prezintă şi studiul brevetelor privind pile alcaline şi în special al pilei acumulator zinc-peroxid de argint. Printre pile diverse, autorul se ocupă mai ales de pile cu magneziu şi clorura de argint şi clorura de cupru. *L.F.*

Coroziune

C.Z.620.197.5

Coroziunea şi protecţia catodică. [După *J. S. Gerard*: J. Instn• electr. Engrs. 2 (1956) 13].

Coroziunea conductelor şi altor construcţii metalice îngropate din industria petroliferă şi a gazelor combustibile produce nu numai degradarea parţială sau totală a acestor insta-

laţii dar cauzează şi scăpări de produse petrolifere sau gazoase pricinuind pagube economice însemnate. Aceste scăpări provoacă uneori incendii sau explozii. Metoda protecţiei catodice a acestor instalaţii deşi este cunoscută de peste 30 de ani, a început să fie aplicată abia după anul 1945. Ea constă în polarizarea catodică a instalaţiilor metalice de protejat cu ajutorul unei surse de curent continuu şi a unor plăci sau tuburi de metal polarizaţi anodic. Eficacitatea acestei metode pentru prevenirea coroziunii nu se mai pune la îndoială fiind încercată în multe cazuri, a dat rezultate bune.

În articol sînt rezumate rezultatele obţinute prin aplicarea protecţiei catodice la instalaţiile petrolifere din Kuweit (Golful Persic). Se descriu schemele şi aparatele întrebuinţate în cazul utilizării anozilor solubili de magneziu şi a surselor auxiliare cu anozi de grafit sau fier silicios. Sînt indicate datele asupra densităţii de curent, dimensiunii anozilor etc. Este arătată necesitatea absolută de a folosi protecţia catodică în cazul instalaţiilor montate în mediul marin, în soluri umede şi în soluri nisipoase. Pe scurt, sînt arătate şi unele aspecte ale coroziunii cablurilor electrice, însă nu se indică metoda de protecţie contra coroziunii lor.

L.F

Condensatoare

C.Z.621.319.4 : 621.316.727 (73)

Condensatoarele de forţă în S.U.A. [După *P. M. Minder*: Bull. Ass. suisse Electr. 46 (1955) 4, p. 155—159]

Începînd din anul 1920, industria de condensatoare de forţă din S.U.A., a livrat pînă în anul 1954 baterii de condensatoare de o putere totală de 30 milioane kVAr. Puterea medie pe unitate a crescut începînd cu 2 kVAr ajungîndu-se în 1954 la 25 kVAr. Pînă în anul 1930 se folosea exclusiv, ca material de impregnare, uleiul mineral de condensatoare, ulterior întrebuinţîndu-se dielectrici lichizi sintetici, de exemplu : Peranol „General Electric", Inertin „Westinghouse" Aroclor „Bell" etc. Condensatoarele de forţă de medie tensiune se construiesc pentru tensiunile : 2,4, 2,77, 3,81, 4,16, 4,8, 6,64, 7,2, 7,62, 7,96, 12,5 şi 13,8 kV. Condensatoarele de forţă se mai folosesc şi la compensarea longitudinală a liniilor de transport de energie pentru tensiuni între 25 şi 115 kV. Baterii de astfel de condensatoare se montează în conexiune serie-paralel, creindu-se staţii cu puteri totale pînă la 20 000 kVAr.

A.B.

Tehnologie

C.Z.621.315.614.63 : 621.365.92

Folosirea încălzirii dielectrice la preuscarea hîrtiei de condensator, în rulouri. [După *A. V. Donscoi*: Vestnic electropromişlennosti 27 (1956) 5, p. 5].

În tehnologia fabricării condensatorului cu hîrtie metalizată se cere preuscarea hîrtiei de condensator, în prealabil lăcuită. Pînă în prezent această preuscare se făcea în cuptoare încălzite cu abur cu circulaţie forţată de aer, sau în autoclave prevăzute cu instalaţii de vid. Prin folosirea încălzirii dielectrice se obţine o scurtare a timpului de uscare şi însemnate economii de energie.

S-a folosit o instalaţie pentru încălzire la înaltă frecvenţă de o putere de 10 kW. S-a stabilit frecvenţa optimă de 4 MHz. Se descrie schema generatorului cu detalii constructive. Este redată principial tehnologia uscării hîrtiei de condensator.

Pentru studiul eficacităţii uscării, s-au trasat curbele variaţiei umidităţii şi temperaturii hîrtiei în funcţie de parametrii de lucru ai instalaţiei.

A.B.

C.Z.621.314.2 : 338.062 (S)

Perfecţionări în tehnologia şi organizarea producţiei la fabrica de transformatoare din Moscova. [După *S. A. Kozlov*: Vestnic electropromişlennosti, 27 (1956) 7, p. 4—11].

Faţă de creşterea producţiei de transformatoare de toate gabaritele, s-a pus problema unor perfecţionări tehnologice la fabrica din Moscova. Pentru confecţionarea bobinajelor şi asamblarea transformatoarelor de puteri mici, s-au organizat citirea liniei tehnologice de mare productivitate. În special la montaj se folosesc benzi rulante.

La fabricarea cuvelor s-a introdus sudura automată. La fel, pentru prinderea buloanelor de rama curie s-a instalat un semiautomat.

Pentru confecţionarea radiatoarelor s-a organizat o secţie lucrînd în flux continuu, începînd cu sudura automată a ţevilor şi terminînd cu vopsirea şi uscarea lor.

Transformatoarele de foarte mari puteri 100 kVAr, se montează individual şi pentru aceasta s-au construit schelete metalice care permit accesul lucrătorilor la orice punct al transformatorului, fără a necesita imobilizarea macaralelor.

A.B.

RECENZII

CZ 621.313

G. N. PETROV : Maşini electrice, vol. I, Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad, 1956, 220 p.

În toamna anului 1956, a apărut într-o nouă ediţie prima parte a cursului de maşini electrice al prof. G. N. Petrov, şeful catedrei de maşini electrice de la Institutul Energetic, „Molotov" din Moscova, în cadrul Editurii Energetice de Stat a U.R.S.S. Avînd în vedere valoroasele sale lucrări anterioare cît şi înalta personalitate ştiinţifică a profesorului G. N. Petrov, apariţia cursului său a fost aşteptată cu mult interes. Apariţia primului volum nu a desmînţit aceste aşteptări. Tratatul apărut ca prim volum al manualului cuprinde două părţi : o „Introducere" de 50 pagini şi restul de 170 pagini „Transformatorul".

Materia pe care o expune autorul sub denumirea de Introducere este de fapt o prezentare de ansamblu a maşinii electrice sub toate aspectele ei : teoretic, constructiv, proiectiv şi istoric. Merită să fie relevată prezentarea sub această formă unitară şi completă a maşinii electrice, pe care nu o mai întîlnim în alte tratate de maşini electrice.

Expunerea de ansamblu a teoriei maşinilor electrice o face autorul în paragraful pe care îl intitulează „Schemele principale electromagnetice ale maşinilor electrice". Asemenea prezentare într-o succesiune logică a diferitelor tipuri de maşini electrice prezintă întotdeauna anumite dificultăţi. Autorul cu desăvîrşita competenţă pe care o are în materie, reuşeşte a trece cu îndemnare peste aceste dificultăţi. În această prezentare de ansamblu a maşinilor electrice, autorul a ales pe aceea care, principial, este cea mai potrivită pentru asemenea prezentări, în care se merge de la general la particular : transformatorul, maşina asincronă, maşina sincronă şi maşinile cu colector atît cele alternative cît şi maşina de curent continuu. Trecerea de la transformatorul static la maşina asincronă, care este generalizarea rotativă a transformatorului, este cea obişnuită. Lipseşte puntea de legătură pe care o constituie teoria cîmpurilor învîrtitoare, dar această lipsă este ocolită de autor prin aceea că el arată într-o notă că presupune cunoscută din electrotehnică această teorie. De altfel formarea cîmpului învîrtitor într-o armătură trifazată alimentată de curenţi rezultă foarte clar şi din figura foarte sugestivă prin care autorul exprimă formarea cuplului în maşina asincronă, datorită tocmai prezenţei cîmpului învîrtitor. Teoria maşinii asincrone prin analogia cu transformatorul este făcută atît cît trebuie pentru o prezentare generală a teoriei maşinii asincrone, mai puţin poate stabilirea proprietăţii cîmpului învîrtitor al rotorului de a se învîrti cu aceeaşi viteză şi în acelaşi sens cu cîmpul învîrtitor al statorului. Nu tot atît de strînsă este însă, ca dealtfel întotdeauna, succesiunea logică în trecerea de la maşina asincronă la maşina sincronă. Unii autori deduc teoria maşinii sincrone direct din teoria transformatorului, asemuind maşina sincronă cu un transformator de intensitate, alţii consideră maşina sincronă ca un caz particular al unei teorii generale care ne spune că pentru ca un stator-rotor să fie maşină electrică, trebuie ca pulsaţia care corespunde vitezei rotorului (ω_3) să fie suma algebrică a celor două pulsaţii ale statorului şi rotorului ($\omega_3 = \omega_1 + \omega_2$). Alţii, în fine, consideră cele două principii de funcţionare ale maşinii asincrone şi a celei sincrone, ca fiind două aspecte ale unuia şi acelaşi fenomen : fenomenul de inducţie produs de o armătură care se găseşte în repaus sau în mişcare într-un cîmp inductor care se învîrteşte cu

viteza n_1 de sincronism. Într-un caz (acel al mașinii sincrone) cîmpul inductor este produs de un rotor inductor de curent continuu, în celălalt caz (al mașinii asincrone) cîmpul inductor învîrtitor este cîmpul învîrtitor al statorului care își ia curentul inductor (curentul magnetizant) din rețeaua la care este legat statorul.

Profesorul G. N. Petrov, consideră mașina sincronă ca un caz particular al mașinii asincrone generale, adică a mașinii asincrone cu dubla alimentare, în care $n_1 = n_2$ deci $s = 0$ și $f_2 = 0$, adică rotorul este alimentat din afară de la o sursă de curent continuu (cazul motorului asincron sincronizat). Această explicație este justă deși poate nu destul de logică, fiind că anticipează asupra posibilității însăși a producerii unui curent de frecvență zero, adică a unui curent continuu, care la rîndul său constituie tocmai un caz particular al mașinii sincrone, pe care este chemat s-o explice. Explicația are însă avantajul simplității și clarității. Dealtfel autorul nu se poate lipsi de a trece ca întotdeauna direct la explicația simplă și directă a funcționării mașinii sincrone prin producerea fenomenului de inducție magnetică, într-o înfășurare care se găsește într-un cîmp magnetic de viteză constantă, pe care o explică și o dezvoltă în scurte cuvinte punînd-o în legătură și cu cazul mașinii de curent continuu ca generator sincron redresat.

Foarte clar și sistematic este tratată trecerea de la mașina asincronă generală la mașina trifazată cu colector prin explicația cunoscută pe care o oferă trecerea prin transformatorul de frecvență pe care-l constituie separat sau înglobat rotorul cu colector. Această expunere este generalizată și la cazul grupărilor în cascadă cu mențiunea cazului special pe care-l constituie mașina de curent continuu. În încheiere la paragraful respectiv autorul prezintă un tablou sinoptic în care în mod structural și foarte expresiv sînt expuse schemele electromagnetice de bază ale mașinilor electrice în număr de șapte : transformatorul, mașina asincronă, mașina sincronă, mașina de curent continuu, mașina monofazată cu colector, mașina trifazată cu colector și motorul trifazat în cascadă cu colector.

În paragraful „schemelor constructive de bază ale mașinilor electrice", autorul trece în revistă principalele elemente constructive, inclusiv considerația asupra modului de răcire și a construcției protejate a mașinilor electrice. Deși foarte sumară cum și trebuie să fie, această enumerare este totuși foarte cuprinzătoare. Nu lipsește de pildă exemplul mașinilor sincrone cu ax vertical sau cele cu rotor exterior. Legătura între dimensiunile, greutatea și costul mașinii de o parte și puterea, pierderile și frecvența de altă parte este expusă în mod substanțial și elegant. Paragraful așa zisei „constante de proiectare" și a alegerii dimensiunilor principale ale masinilor electrice, poate fi privit ca o introducere la proiectarea mașinilor electrice, dar o introducere în care considerațiile teoretice expuse dau o privire mai amplă mai, de perspectivă decît o cere simpla rutină a unui proiectant de mașini electrice.

Interesant este și penultimul paragraf al introducerii intitulat : „Materialele folosite în mașinile electrice". În nouă pagini scrise mărunt este concentrat un material foarte bogat în care pe lîngă partea descriptivă sînt date o serie de diagrame și mai ales tablouri cu caracteristice și date practice moderne și bine puse la punct.

Scurtul istoric al mașinilor electrice, cu figuri adecvate și bine executate este o descriere reușită și foarte antrenantă a principalelor etape prin care a trecut evoluția mașinilor electrice de la origină și pînă azi.

De la pagina 50 la 220 sînt tratate problemele teoriei, construcției, încercărilor, cît și principiile generale de calcul și proiectare, ale transformatoarelor, expuse în 16 capitole.

În capitolele *1* — *3* sînt abordate problemele fundamentale ale teoriei transformatorului. Se arată destinația și domeniul de utilizare a transformatoarelor de forță, datele nominale ; se deduc ecuațiile diferențiale de funcționare în cazul transformatorului monofazat, diagramele vectoriale ale tensiunilor precum și schemele electrice echivalente. Interesant și perfect justificat este modul în care autorul stabilește ecuațiile diferențiale ale transformatorului trifazat. Ar merita poate o explicație mai accentuată faptul că $L_{AB} = L_{AC}$ la transformatorul trifazat simetric și $L_{AB} \approx L_{AC}$ la transformatorul nesimetric. Urmează însoțit de toate desvoltările necesare, regimul de mers în gol, de scurtcircuit și randamentul, inclusiv determinarea căderii de tensiune prin triunghiul de scurtcircuit.

În capitolul *4* se examinează problema circuitului magnetic al transformatorului sub aspectul construcției, calculului și procesului de magnetizare al miezului magnetic de diverse construcții. În calculul circuitului magnetic (curentul de magnetizare) se dau diverse cazuri care iau în considerație fenomenul saturației magnetice, cu deformarea curentului magnetizant.

Capitolul *5* se ocupă de înfășurările transformatoarelor, de condițiile fundamentale pe care trebuie să le satisfacă înfășurările transformatoarelor din punct de vedere mecanic, electric, tehnologic, economic și termic, construcția înfășurărilor, scheme și grupe de conexiune ale transformatoarelor reglajul tensiunii în sarcina și gol (diverse scheme de comutație), calculul parametrilor electrici ai înfășurărilor, și stabilirea reactanței de scăpări.

Problemele teoriei și calculelor parametrilor schemelor electrice ale transformatorului cu mai multe înfășurări sînt expuse în capitolul *6*.

Capitolul *7* cuprinde teoria autotransformatorului și a transformatoarelor de reglaj.

Problemele conectării în paralel a transformatoarelor ca : repartiția sarcinii între două transformatoare cu rapoarte de transformare diferite, influența grupei de conexiune asupra funcționării în paralel, pierderi la funcționarea în paralel, sînt atacate în capitolul *8*, în cazul transformatorului cu două înfășurări. Se menționează foarte succint și în cazul transformatorului cu trei înfășurări.

Capitolul *9* este consacrat studiului funcționării transformatorului în regim nesimetric. După ce se deduc relațiile dintre curenți și tensiuni în două ipoteze (în sistemul curenților lipsește componenta omopolară și invers) și pentru diverse scheme de conexiune, se analizează funcționarea transformatoarelor a căror schemă de conexiune este Y_0d în două faze (o fază avariată).

Capitolul *10* conține un studiu amplu al diverselor procese tranzitorii, care apar cu diverse ocazii în transformator în exploatare. Astfel se analizează procesul care ia naștere la conectarea transformatorului la rețea (mers în gol, scurtcircuitul la bornele înfășurării secundare, scurtcircuitul între spire și procesele tranzitorii condiționate de supratensiune). În cazul scurtcircuitului la bornele înfășurării secundare, după ce se deduc formulele curentului de scurtcircuit în diverse ipoteze (analiza se face în cazul unui transformator monofazat) se insistă asupra efectelor mecanice și calorice ale fenomenelor electromagnetice care iau naștere. Paragraful proceselor tranzitorii în cazul supratensiunilor este tratat în mod sistematic și foarte închegat. Bine face autorul că nu trimite la teoria din electricitate, ci stabilește direct în text cum se ajunge la ecuația diferențială a repartiției tensiunii în circuitul capacitiv al transformatorului în momentul inițial, și obține prin integrare cele două relații în sin h și cos h care dau valorile tensiunii în lungul înfășurării pentru cele două cazuri, cînd neutrul este pus și nu este pus la pămînt. Pentru uniformitatea expunerii ar fi fost poate nimerit a se completa expunerea și prin stabilirea formulei tensiunii inițiale de intrare la bornele transformatorului funcție de valoarea undei incidente. Fenomenul tranzitoriu care apare după pătrunderea undei în interiorul înfășurării, legat de apariția oscilațiilor amortizate, este tratat cu competență, cu arătarea esențialului și atît cît trebuie pentru a se putea trage concluziile ce permit a se merge pe calea justă în construirea înfășurărilor transformatorului de înaltă tensiune. Pe această linie autorul expune metodele cunoscute ce se aplică pentru egalizarea repartiției inițiale a tensiunii : întărirea izolației, inelele și ecranele capacitive, atît cele care se aplică în U.R.S.S. cît și cele din tehnica altor țări, grație cărora se realizează transformatoarele nerezonante.

Capitolul *11* se ocupă de particularitățile teoretice și de calcul ale transformatoarelor speciale. Astfel se examinează : transformatoare destinate a reduce numărul de faze al curentului alternativ, transformatoare folosite în instalații de redresare, transformatoare generatoare de curenți de pulsație 2ω și 3ω, transformatoare folosite în schemele de alimentare ale cuptoarelor electrice, transformatoare de tensiune reglabilă, pentru sudură electrică, pentru încercări de laborator

de tensiuni înalte, reactoare şi bobine de inducţie, tranformatoare de măsură etc.

În capitolul 12 se analizează procesul încălzirii şi răcirii transformatoarelor. După ce se dau formulele caracteristice acestor două procese, se expun o serie de date experimentale importante, necesare în efectuarea calculului răcirii transformatorului. În ultimul paragraf se trece în revistă cele mai răspîndite mijloace de răcire folosite în industria electrotehnică modernă.

În capitolul 13 se face o succintă trecere în revistă a diverselor încercări la care sînt supuse transformatoarele atît în fabrică cît şi în condiţiile de exploatare.

Schema de calcul a transformatorului, cît şi graficul şi tabelele necesare alegerii dimensiunilor principale ale transformatorului sînt expuse în capitolul 14.

Capitolul 15 examinează diversele tipuri de construcţii ale transformatorului produse de fabricile din U.R.S.S. cît şi de o serie de fabrici din S.U.A., Germania, Suedia, Elveţia.

În ultimul capitol, care constituie o inovaţie interesantă sînt expuse succint diversele etape ale dezvoltării teoriei transformatorului şi se subliniază aportul pe care l-au adus şi îl aduc oamenii de ştiinţă din diverse ţări la această dezvoltare.

După cum rezultă din cele arătate, spre deosebire de prima ediţie a lucrării, în actuala ediţie în afară de problemele teoriei şi construcţiei transformatoarelor, se tratează şi problemele încercărilor maşinilor şi se dau indicaţii referitoare la calculul şi proiectarea acestora. O trăsătură generală remarcabilă a lucrării constă în dozajul just în tratarea problemelor dintre teorie şi experienţa practică acumulată în acest domeniu, precum şi relevarea factorilor esenţiali, care influenţează fenomenul studiat, neglijîndu-se factorii de importanţă minoră. Autorul atacă toate problemele la un înalt nivel ştiinţific. Nu uită însă că tratatul său se adresează în primul rînd studenţilor, şi ca atare reuşeşte să-i imprime şi un foarte bun caracter didactic. Urmărind explicaţia fizică a fenomenului autorul îmbină în chip fericit teoria expusă la înalt nivel ştiinţific cu instrumentul matematic, în care se intră atît cît este necesar, fără dezvoltări spectaculoase şi inutile. O menţiune specială trebuie să facem asupra modului ingenios în care autorul reuşeşte a da în figuri foarte sugestive explicaţia unor anumite fenomene sau a unor anumite dispoziţii constructive. Citäm între acestea figurile : 1 — 5, 1—8, 2—12, 2—58, 2—85, 2—104, 2—109, 2—216, 2—237, 2 — 238 etc. Numeroasele date concrete, care se întîlnesc în toate capitolele, cît şi referirea curentă la practica industrială dau cărţii o notă vie şi antrenantă, iar stilul clar favorizează în mare măsură înţelegerea materialului.

Acad. prof. I. S. Gheorghiu şi Ing. **V. N. Nedelcu**

CRONICA

Lucrări ale Comisiei Electrotehnice Internaţionale privind maşinile electrice

C.Z.621.313 : 061.3

Cu ocazia reuniunii[1]) generale anuale a CEI care a avut loc la München între 26 iunie şi 6 iulie 1956 numeroase comitete tehnice şi subcomitete au ţinut şedinţe de lucru. Între acestea se numără şi comitetul tehnic nr. 2 — Maşini rotative, la care s-au discutat probleme de mare importanţă, privind unificarea internaţională a parametrilor şi dimensiunilor maşinilor electrice. Cum această problemă interesează în mod direct ţara noastră, în legătură cu apariţia produselor electrotehnice ale R.P.R. pe pieţele internaţionale, se dau în cele ce urmează informaţii succinte asupra problemelor ce s-au discutat la şedinţele acestui comitet tehnic, pentru ca specialiştii noştri să cunoască tendinţele de unificare, să observe diferenţele faţă de standardele şi condiţiile tehnice valabile la noi în prezent şi să fie pregătiţi a contribui cu propuneri judicioase la stabilirea unui punct de vedere a ţării noastre în toate aceste probleme. Acest punct de vedere se va susţine la CEI de către Comitetul electrotehnic romîn înfiinţat de curînd, care va reprezenta ţara noastră.

Subcomitetul 2B — Dimensiunile electromotoarelor s-a reunit în patru şedinţe în zilele de 5 şi 6 iulie 1956. A fost ales ca preşedinte al SC — 2B prof. F. Dahlgren (Suedia) în locul fostului preşedinte C.A. Martin (Anglia) demisionat.

1. Seria unică de dimensiuni pentru motoare electrice

Publicaţia 72 a CEI „Raport asupra lucrărilor CEI privind dimensiunile normale ale motoarelor electrice" a apărut nu ca o recomandare, deoarece nu s-a putut stabili o serie unică de dimensiuni de gabarit pentru electromotoare cu înălţimea axului între 112 şi 315 mm. (Ediţia a 2-a 1956). În publicaţie apar două tabele de cote de gabarit, una bazată pe dimensiuni în milimetri, practicate în Europa, a doua, pe dimensiuni în ţoli, practicate în Anglia şi S.U.A., bazate pe standardul NEMA (S.U.A.). Ambele tabele însă standardizează 9 înălţimi de axe între 112 şi 315 mm, la fiecare înălţime de ax corespunzînd două cote de lungimi de carcasă, iar dimensiunile în cele două tabele sînt atît de apropiate încît se încadrează aproape în limitele de toleranţe. Dimensiunile de gabarit recomandate n-au fost legate de scara de puteri recomandată care este următoarea (în kW) :

Seria preferată primară : 0,8 ; 1,1 ; 1,5 ; 2,2 ; 3,7 ; 5,5 ; 7,5 ; 11 ; 15 ; 18,5 ; 22 ; 30 ; 37 ; 45 ; 55 ; 75 ; 90 ; 110. Seria preferată secundară : 2 ; 3 ; 4 ; 6 ; 8 ; 10 ; 12,5 ; 16 ; 20 ; 25 ; 35 ; 40 ; 50 ; 65 ; 80 ; 100 ; 125.

Pentru definitivarea unor recomandări secretariatul subcomitetului 2B a cerut ţărilor membre să comenteze aplicabilitatea dimensiunilor de gabarit şi a scării de puteri şi să arate stadiul aplicării lor. O contribuţie însemnată a fost adusă de Comitetul Naţional Indian care a propus o soluţie de compromis între cele două serii de gabarite — bazată pe adoptarea înălţimii axei şi diametrului găurilor de prindere (cotele *H* şi *K* din fig. 1) după seria I, iar a celorlalte dimen-

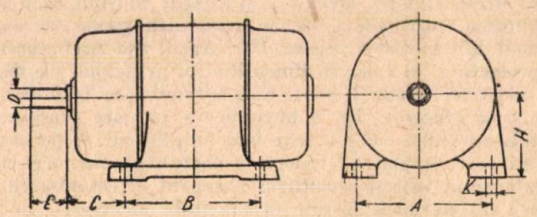


Fig. 1 Cotele de gabarit pentru motoare electrice

siuni după seria II, transformate în mm. În tabela 1 se dau dimensiunile după seria I, II şi propunerea indiană. Delegaţii multor ţări s-au pronunţat pentru propunerea indiană (Germania, Jugoslavia, Italia, U.R.S.S., Suedia, Danemarca). Delegaţii Franţei şi Belgiei au cerut să se consulte comitetele naţionale deoarece industria din aceste ţări a început fabricarea unor serii noi de maşini, după seria I sau II de dimensiuni (firma belgiană ACEC, de exemplu a început fabricaţia de serie a unor motoare după dimensiile recomandate de publicaţia 72). Comitetul a decis trimiterea propunerii Indiei comitetelor naţionale pentru a-şi spune părerea — considerînd că adoptarea acesteia se va face cu ocazia unei noi ediţii a publicaţiei 72 şi că intrarea în aplicare pentru ţările care au deja în fabricaţie o serie sau alta se va face într-o perioadă destul de lungă. Un grup de lucru format din : Secretariat şi delegaţi din U.R.S.S., Belgia, Franţa, Germania, India, Italia, Anglia, şi S.U.A., va face un raport asupra răspunsurilor primite. Acest raport trebuie să fie întocmit la începutul anului 1957. Delegaţii prezenţi (19 ţări) au arătat

1) O dare de seamă generală asupra acestei reuniuni a apărut în revista Standardizarea

Tabela 1

Dimensiunile de gabarit ale motoarelor electrice

Denumirea carcasei		*H*			*A*			*B*			*C*			*K*		
I	II	I	II	Ind	I	II	Ind	I	II	Ind	I	II	Ind	I	II	Ind
112a	182	112	114	112	180	190	190	125	114	114	70	70	70	12	10,3	12
112b	184	112	114	112	180	190	190	160	140	140	70	70	70	12	10,3	12
132a	213	132	133	132	212	216	216	160	140	140	85	89	89	14	10,3	14
132b	215	132	133	132	212	216	216	190	178	178	85	89	89	14	10,3	14
160a	254	160	159	160	250	254	254	190	210	210	100	108	108	14	13,5	14
160b	256	160	159	160	250	254	254	224	254	254	100	108	108	14	13,5	18
180a	284	180	178	180	280	279	279	224	241	241	112	121	121	18	13,5	18
180b	286	180	178	180	280	279	279	250	279	279	112	121	121	18	13,5	18
200a	324	200	203	200	315	318	318	200	267	267	125	133	133	18	16,7	18
200b	326	200	203	200	315	318	318	280	305	305	125	133	133	18	16,7	18
225a	364	225	228	225	355	356	356	280	286	286	140	149	149	18	16,7	18
225b	365	225	228	225	355	356	356	315	311	311	140	149	149	18	16,7	18
250a	404	250	254	250	400	406	406	315	311	311	160	168	168	22	20,6	22
250b	405	250	254	250	400	406	406	355	349	349	160	168	168	22	20,6	22
280a	444	280	280	280	450	457	457	355	368	368	180	190	190	22	20,6	22
280b	445	280	280	280	450	457	457	400	419	419	180	190	190	22	20.6	22
315a	504	315	318	–	500	508	–	400	406	–	200	216	–	27	23,8	27
315b	505	315	318	–	500	508	–	450	457	–	200	216	–	27	23,8	27

care este stadiul standardizării în țara lor în domeniul dimensiunilor motoarelor electrice. S-a constatat că 9 țări au adoptat sau vor adopta seria I (printre care U.R.S.S., Ungaria, Cehoslovacia), 4 țări seria II (Danemarca, Suedia, Anglia, S.U.A.), restul țărilor neluînd încă nici o decizie. Legarea dimensiunilor de gabarit de puterea normală a fost susținută de delegația U.R.S.S. și a Ungariei. Această chestiune formează de mult obiectul unor discuții contradictorii în sînul comitetului. De asemenea unele delegații ar dori înlocuirea dimensiei de 132 mm pentru înălțimea axei cu dimensiunile 125 și 140 mm (U.R.S.S., Franța). Nu s-a decis nimic asupra acestor propuneri însă este probabil că ele vor fi reluate cu ocazia discuției unei noi ediții a publicației 72.

Pentru R.P.R., în momentul de față este actuală problema revizuirii actualei serii de motoare asincrone de la 0,6 la 100 kW. Cu această ocazie trebuie să se pună și problema adap-

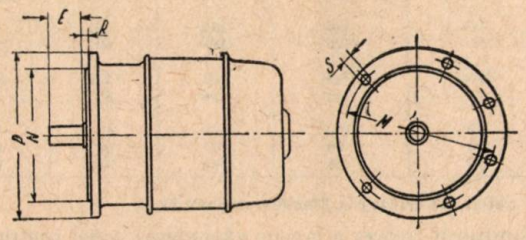


Fig. 2 Dimensiunile flanșei de fixare pentru electromotoare asincrone în scurtcircuit

tării scării de puteri. Deși scara de puteri după CEI este mai avantajoasă, azi, din punctul de vedere al exploatării, avînd intervalele mai apropiate între puteri și pentru eventuala apariție pe piața internațională a motoarelor noastre, ea implică o mărire a numărului de gabarite actualmente adoptat ceea ce duce la micșorarea seriilor de fabricație, lucru care în condițiile volumului de producție din R.P.R. poate fi dezavantajos. Această problemă trebuie în orice caz studiată sub toate aspectele economice înainte de a se lua o hotărîre.

În privința dimensiunilor de gabarit, STAS 2741-51 fixează înălțimea *H* pentru mașini motoare și generatoare, în general în 4 serii din care seria I preferată. Dimensiunile după CEI se pot alege din seria IV.

STAS 2755-51 fixează dimensiunile pentru montaj la motoarele asincrone de la 1 la 100 kW – legînd aceste dimensiuni de puteri și turații. Seria aleasă pentru *H* (125, 170, 200, 236, 280 și 335) nu se suprapune cu seria CEI, iar restul dimensiunilor sînt de asemenea diferite de cele din publicația 72

În cazul reproiectării actualei serii de motoare electrice asincrone de la 1 la 100 kW credem că ar fi interesant să se adopte o recomandare internațională mai ales dacă s-ar cădea de acord asupra unei singure serii. Propunerea Indiei ar putea forma o bază pentru un asemenea compromis. În orice caz față de stadiul actual al discuțiilor este de recomandat să nu se ia o hotărîre asupra adoptării unor alte dimensiuni de gabarit înainte de trimestrul I/1957, cînd se va cunoaște părerea țărilor membre CEI asupra propunerii indiene.

2. **Standardizarea dimensiunilor capetelor de axe la electromotoare asincrone în scurtcircuit.** În conformitate cu o decizie a Subcomitetului 2B luată la Londra, Comitetul național german a pregătit și prezentat o propunere de standardizare a dimensiunii capetelor de ax care a fost discutată în iulie 1954 la Baden (Elveția) de un grup de experți din Germania, Belgia, Franța, Italia și Elveția. Bazîndu-se pe standardele : german (DIN 429-43), francez USE 10 101 și NFC 51–101), americane (NEMA MGI – 3.02a și MG – 1–3.02) s-a propus o standardizare a diametrelor și lungimilor de capete de arbore legate pe de o parte de diametrele rulmenților, pe de alta de cuplu. Dimensiunile capetelor de ax au fost alese din aceleași standarde de ISO pentru uz general.

Pentru cuplu s-a admis calculul cuplului maxim în regim normal și antrenare, prin curea. Pentru a ține seama de încovoierea datorită și acțiunii din curea, s-a calculat cuplul care poate fi suportat – ca și cum arborele ar fi solicitat numai la torsiune, dar cu o rezistență admisibilă între 45 kgf/cm² (diametre mici) și 100 kgf/cm² (diametre mari) cu ajutorul formulei

$$C = 2{,}24.10^{-5} \cdot d^{3.5}$$

în care C este cuplul în kgf și d-diametrul arborelui, în mm.

S-au pus în discuție în primul rînd, două probleme de principiu :

a) dacă sînt necesare două serii – una în mm, europeană și alta în țoli, bazată pe standardele NEMA ;

b) dacă să se asocieze dimensiunile capetelor de ax cu cuplul, sau cu alt parametru al electromotorului.

În prima problemă – cu excepția delegatului indian care a cerut o singură serie – s-a căzut de acord să se meargă pe două serii – a doua urmînd să se ia după propunerea delegatului S.U.A.

În a doua problemă discuţiile au fost mai largi. Delegaţiile franceză, americană şi daneză, au cerut standardizarea dimensiunilor capetelor de ax fără asocierea cu cuplul, delegaţia U.R.S.S. şi ungară au cerut asocierea dimensiilor capetelor de ax cu dimensiunile de gabarit şi cu puterile — la diferite turaţii (ca în GOST 5459-50). S-a căzut totuşi de acord să se asocieze dimensiunea capătului de ax cu cuplul (exprimat în newtonmetri nu în m kgf) — dar să nu se indice dimensiunea interioară a rulmentului.

Discutîndu-se dimensiunile s-au admis unele propuneri ale Franţei de a se introduce şi alte valori (60,70, 80∅) care lipseau în tabela prezentată de experţi.

După observaţiile făcute s-a ajuns la dimensiunile din tabela 2 pentru seria mm şi cea în ţoli — propunerea care urmează să fie trimisă de Secretariat pentru aprobare, în termen de 6 luni, de către Comitetele naţionale.

Tabela 2

Dimensiunile capetelor de arbore pentru electromotoare asincrone în scurtcircuit

Diametrul capătului de arbore		Lărgimea capătului de arbore		Diametrul interior al rulmentului mm[2])	Cuplul[3]) m kgf
Seria I mm	Seria II ţoli	Seria I mm	Seria II ţoli		
14	1/2	30	1–1/2	15	0,24
16	5/8	40	1–7/8	17	0,36
(18)	–	(40)	–	20	0,53
19	3/4	40	2–1/4		0,67
22	7/8	50	2–1/4		1,12
24	–	50	–	25	1,5
28	1–1/8	60	3	30	2,65
32	1–1/4	80	3–3/8	35	4,25
–	1–3/8	–	3–3/4	–	–
38	1–1/2	80	4–3/8	40	7,5
42	1–5/8	110	4–7/8	45	10,6
48	1–7/8	110	5–5/8	50	17
55	2–1/8	110	6–3/8	60	28
60	2–3/8	140	7–1/8	65	38
65	2–5/8	140		70	50
(70)	–	140	7–7/8	75	63
75	2–7/8	140	8–5/8	80	80
(80)	–	170	–	85	100
85	–	170	–	90	125

[2]) Această dimensiune este informativă (nu va apare în recomandare).
[3]) Cuplul este calculat pentru seria I-a.

În R.P.R. capetele de ax cilindrice pentru maşini electrice de la 1 la 100 kW sînt standardizate de STAS 2798-51 în funcţie de cuplul nominal. Dintre dimensiunile din acest standard, numai cele de 55,65 şi 75 corespund cu tabela 2. Este de observat că pentru diametrele mari tabela 2 admite valori ale cuplului cu mult mai mari decît STAS.

3. **Dimensiunile flanşelor de fixare pentru electromotoare asincrone în scurtcircuit.** În 1954 la şedinţa subcomitetului 2B de la Londra, Comitetul naţional german a fost însărcinat să facă o propunere de standardizare a flanşelor pentru electromotoare asincrone, pornind de la Buletinul ISO nr. 18 care standardizează dimensiunile flanşelor electromotoarelor în general şi de la standardul S.U.A. „NEMA" corespunzător.

Propunerea Comitetului german, trimisă spre consultare celorlalte comitete naţionale a format baza discuţiilor de la München. Propunerea asociază dimensiunile flanşelor cu gabaritele definite de înălţimea axelor, propunere cu care au fost de acord delegaţii Italiei şi S.U.A.

Împotriva asocierii dimensiunilor flanşelor cu alte dimensiuni sau caracteristici a fost delegaţia Angliei. Delegaţii Franţei, U.R.S.S. şi Austriei au fost de părere ca dimensiunile flanşelor să fie asociate cu cuplul maxim normal, deci cu dimensiunile capătului de ax.

S-a decis ca acelaşi grup de lucru care se va ocupa de propunerea comitetului indian să reexamineze dacă trebuie asociate dimensiunile flanşelor cu alte elemente urmînd să se rediscute această problemă la reuniunile viitoare.

Tabela 3

Dimensiunile flanşelor de fixare pentru electromotoare asincrone în scurtcircuit

Înălţimea axei *H*		Dimensiunile flanşei (mm) (fig. 2)		
Seria I mm	Seria II ţoli	Diametrul exterior *P*	Diametrul gulerului *N*	Diametrul axului găurilor *M*
112	4 1/2	250	180	215
132	5 1/4			
160	6 1/4			
180	7	300	230	265
200	8	350	250	300
225	9	450	350	400
250	10			
280	11			
215	12 1/2	550	450	500

În tabela 3 se dau dimensiunile propuse de Comitetul naţional german, luate după Buletinul ISO şi asociate cu înălţimea axului.

4. **Standardizarea dimensiunilor electromotoarelor asincrone trifazate în scurtcircuit cu înălţimea axei sub 112 mm.**

Pe baza discuţiilor anterioare Secretariatul a făcut propunerea de standardizare a dimensiunilor, limitată la 71 mm, înălţimea minimă a axei.

Tabela 4

Dimensiuni standardizate pentru motoare electrice asincrone în scurtcircuit [4])

H	*A*	*B*	*C*	*K*
100	160	140	53	12
100	160	112	63	12
90	140	112	56	9
80	125	100	50	9
(75)	(118)	(90)	(47)	(8)
71	112	90	45	7
63	100	80	40	7
56	90	71	36	6
50	80	63	32	6

[4]) Cotele sînt date în mm. Literile corespund fig 1.

Comitetul francez a propus extinderea seriei pentru înălţimea axei 63, 56 şi 50 mm, iar comitetul S.U.A. a propus adoptarea unei serii paralele în ţoli.

După discuţiile purtate, seria în mm s-a stabilit provizoriu ca în tabela 4. Secretariatul va face o nouă redactare împreună cu seria în ţoli bazată pe standardul NEMA, redactare care va fi supusă discuţiei comitetelor naţionale.

Ing. **G. Lazaride**

Országos Műszaki Könyvtár BUDAPEST

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.311.1 :621.315.52/53
Avramescu, A.:
Leiter aus Stahl—Aluminium für Ortsleitungen
Electrotehnica, V (1957) H. 2, S. 37

Es werden die physikalischen Eigenschaften des Aluminiums und einiger seiner Legierungen aufgezeigt, die beim Bau von Freileitungen Verwendung finden. Der Vergleich mit Kupfer ist für das Aluminium nicht immer ungünstig, besonders wenn es in Leiterseilen in verschiedenen Verhältnissen mit Stahldrähten verbunden wird. Die Angaben über die Werkstoffeigenschaften dienen zur richtigen Planung und Ausführung von normgerechten Freileitungen unter Einsparung von Mangelwerkstoffen.

DK 621.313.32 :517.43
Manea, F.:
Die allgemeinen Operatorengleichungen der Asynchronmaschine
Electrotehnica, V (1957) H. 2, S. 43

Unter Anwendung der Matrizenrechnung zur Aufschreibung der Gleichungen und zur Vertauschung der Veränderlichen ergeben sich die Differentialgleichungen der Betriebszustände der Asynchronmaschine in den Koordinaten der massgebenden Drehvektoren. Um die allgemeine Operatorengleichung zu erhalten wird die Laplace—Transformation angewandt.

DK 621.313.313.32.013.8
Nedelcu, V.N., Creţu, D. u. Apetrei, C.:
Bestimmung der Ansprechgeschwindigkeit für die Erregermaschinen von Synchrongeneratoren
Electrotehnica, V (1957). H. 2, S. 49

Es werden die bekannten Methoden untersucht, worauf eine neuartige Methode zur Bestimmung der Ansprechgeschwindigkeiten für Erregermaschinen von Synchrongeneratoren dargestellt wird. Ausführlich wird eingegangen auf die Bestimmung der Ansprechgeschwindigkeiten beim Betrieb der Erregermaschinen unter Last und besonders für Neben-schlusserregermaschinen; diese Geschwindigkeiten weichen merklich von den fur den Leerlauf ermittelten ab.

DK 621.316.13.025.3 :621.317.382
Fränkel, D.:
Die Messung der Wirkleistung und Blindleistung in Dreileiter-Drehstromsystemen unter Benützung eines einzigen Leistungsmessers
Electrotehnica, V (1957) H. 2, S. 58

Es wird gezeigt, dass in Drehstromsystemen mit 3 Leitern bei Symmetrie der Leiterspannungen, unter Benützung eines Filters um die direkte Stromkomponente zu erhalten, die Wirk- und Blindleistung bzw. die entsprechende Energie mit einem einzigen Leistungsmessers bzw. Zähler gemessen werden kann.

REFERATE, S. 61
BUCHBESPRECHUNG, S. 64
CHRONIK, S. 66

CONTENTS

DC 621.311.1 :621.315.52/53
Avramescu, A. :
SCA — Conductors for rural networks
Electrotehnica, V (1957) no. 2, p. 37

Presenting the physical properties of Aluminium and some of its alloys used as line conductors, the author points out that comparison with copper often concludes in favour of aluminium, espescially when wired on steel cores of different rates. Data concerning physical performances permit low cost planning and engineering of rural distribution lines, avoiding the use of deficit materials.

DC 621.313.32 :517.43
Manea, F.:
General operational equations of the asynchronous machine.
Electrotehnica, V (1957) no. 2, p. 43

Using matricial methods to express basic equations and variable transformations, the author formulates the differential equations of the machine in representative rotative vector coordinates. Applying the Laplace — transform the general operational equations of asynchronous machines are obtained.

DC 621.313.313.32.013.8
Nedelcu, V.N., Crețu, D., Apetrei, C.:
Establishing response speed of synchronous generator exciters
Electrotehnica, V (1957) no. 2, p. 49

After a short analysis of current methods, the authors develop a new one for establishing the response speed of synchronous generator exciters, insisting on load conditions especially for shunt type exciters, when the speed mostly differs from no load conditions.

DC 621.316.13.025.3 :621.317.382
Fränkel, D.:
Measuring active and reactive power in 3 conductor 3 phase systems with a single wattmeter
Electrotehnica, V (1957) no. 2, p. 58

In 3 conductor 3 phase systems with symmetrical line voltages active and reactive power or energy can be measured with a single wattmeter or meter by employing an adequate filtering circuit.

ABSTRACTS, p. 61
BOOKS, p. 64
CHRONICLE, p. 66

ELECTROTEHNICA

CZ 621.3 : 51
Bolz, G. :
Bazele matematice ale proceselor de conectare
Dtsch. Elektrotechn. 10 (1956) 3, p. 90—94.

CZ 621.3.025 :621.3.011
Küpfmüller, K. :
Mărimi în curent alternativ
Elektrotechn. Z. A., 77 (1956) 10, p. 309

CZ 621.316.11 :621.3.015.1
Rich, H. :
Calculul căderii de tensiune într-o linie trifazată fără capacitate, puterea şi factorul de putere fiind cunoscute la capătul liniei şi tensiunea la celălalt.
Rev. gen Electr. 40 (1956) 4, p. 239—244.

CZ 537.71
Iliovici, A. :
Sistemul de unităţi Giorgi şi raţionalizarea ecuaţii lor din electricitate
Rev. gen. Electr. 40 (1956) 4, p. 245—251.

CZ 621.391 :621.37
Neidhardt, P. :
Bazele şi utilizarea teoriei informaţiilor în electrotehnică (II)
Dtsch. Elektrotechn. 10 (1956) 12 p, 455—461.

CZ 537.71
Fischer, I. :
Unităţi pentru mărimi electrice şi magnetice
Elektrotechn. Z., A. 77 (1956), 9 p. 280.

CZ 621.3.016.2 : 512.99
Kaffka, H. :
Reprezentarea puterilor alternative prin vectori de timp
Dtsch. Elektrotechn. 10 (1956) 12, p. 451—455.

APARATE ELECTRICE

CZ 621.313.32.013.8 :621.316.5.015.3
Horn, M.E. Cunningham, I.C. :
Condiţii pentru tensiunea şi curentul tranzitoriu a întreruptoarelor de excitaţie principală a maşinilor sincrone.
Trans. Am. Inst. electr. Engrs. 73 (1953) III — B, p. 894—900

CZ 621.318.423
Trench, A.B., Mc. Kinnon, L.J. :
Un reactor fără miez de *25 500* kVAr pentru legătura S.U.A.— Canada)
Trans. Am. Inst. electr. Engrs, 73 (1954) III—B, p. 1201—1208

CZ 621.316.545.027.8
Toti, A., Wklliams, E.A. :
Separatoare pentru *300—500* kV. Principii noi de proiectare
Trans. Am. Inst. electr. Engrs. 73 (1954) III — B, p. 1257-1247

CZ 621.3.014.31 :621.317.31
Skeats, W. F., Schuck, C.L. :
Măsurători ale densităţii de curent în arcuri de mare intensitate
Trans. Am. Inst. electr. Engrs, 73 (1954) III — B, p. 848—856

CZ 621.3.014.31 :537.527.5
Cobine, I.D. Burger, E.E. :
Fenomene pe anozii unor arcuri la presiuni mari.
Phys. Rev. 93 (1954) 2, p. 653.

CZ 621.316.33.6
Rudge, W.S. Mc. Morris, N.A., Hoqars, S.B., Carpentier, TS
Noul descărcător de staţie „Magna—Valve" cu tirit
Trans. Am. Inst. electr. Engrs, 73 (1953) III — B p. 912—920

FILTRE

CZ 621.359.4
Varga, G. :
Filtre electrice pentru epurarea gazelor
Elektrotehnika 47 (1954) p. 143—153.

CZ 621.359.4
Georgius F. :
Epurarea modernă a gazelor şi aburilor
Wärme Energie 5 (1953) p. 455—461-

CZ 621.359.4
Ricard, G. :
Filtrul de praf electronic „Precipitron"
Electricien 81 [66] (1953) p. 136—138

MATERIALE ELECTROTEHNICE

CZ 621.315.61
Stamm, H. :
Materiale electroizolante în aparate de înaltă tensiune (I)
Dtsch. Elektrotechn. 10 (1956) 3, p. 95—98.

CZ 621.315.61 : 678.84 : 676.492
Rülker, E. :
Despre datele tehnice ale materialelor izolante cu siliconşi cu micafoliu
Dtsch. Elektrotechn. 10 (1956) 12, p. 462—465.

CZ 621.315.2 :620.197.6
Silec :
Acoperirile protectoare ale cablurilor contra coroziunii
Rev. gen. Electr. 65 (1956) 1.

CZ 620.193.7 : 620.197 (083.13)
Thalhofer, K.:
În legătură cu noile norme VDE despre protecţia conductoarelor tubulare şi cablurilor faţă de curenţii de dispersie.
Elektrotechn. Z., A, 77 (1956) 1.

MĂSURĂTORI

CZ 621.316.719.2 : 621—185.4
Berger, L. şi *Donath, F.* :
Frînă electrică pentru un număr ridicat de rotaţii
Dtsch. Elektrotechn. 10 (1956) 3, p. 98—101.

CZ 621.317.334
Mierich, H. :
Metodă indirectă de măsurat pentru determinarea inducţiei în bobinele de netezire de curenţi intenşi
Dtsch. Electrotechn. 10 (1956) 3, p. 101—103.

CZ 621.317.43
Rusbüldt, V. şi *Ozkaya, M.* :
Măsurători de pierderi prin histerezis cu o punte de curent alternativ, la probe mici de tolă cu cristale orientale.
Elektrotechn. Z., A, 77 (1956) 10, p. 295—297.

CZ 621.314.22.001.4 :621.317.727
Helke, H. :
Un divizor de înaltă tensiune de constanţă ridicată pentru încercarea reductoarelor
Elektrotechn. Z , A, 77 (1956) 9 , p. 270—275

AUTOMATIZARE

CZ 681.142 : 621.38.07
Böking, G. :
Direcţia de dezvoltare a tehnicii automatizării : calculatori analogici şi circuit de reglaj pe model
Dtsch. Elektrotechn. 10 (1956) 4, p. 129—130.

CZ 621.313.2.072
Loocke, G. :
Dimensionarea unui circuit de reglaj pe baza condiţiilor pentru starea staţionară
Elektrotechn. Z , A, 77 (1956) 11, p. 330—334.

CZ 621.3167.077 :621.375.3
Carleton, I.T., Bobs, P.O., Burt, D.A . :
Limita de excitaţie minimă pentru sisteme de reglare cu amplificatoare magnetice
Trans. Am. Inst. electr. Engrs. 73 (1954) III—B p 896—874

LEI 5

KAT

ELECTROTEHNICA

3

Electrotehnica Anul V Nr. 3 martie 1957

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU, prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, prof. dr. ing. A. AVRAMESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R. (redactor responsabil), ing. V. BUNEA, laureat al Premiului de Stat, prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU, conf. ing. D. DAMSKER, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. ST. GROSU, conf. ing. GH. HORTOPAN, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. G. LAZARIDE, prof. dr. ing. R. RĂDULET, membru corespondent al Academiei R.P.R. laureat al Premiului de Stat.

Extras din recomandările privind întocmirea articolelor tehnico-științifice

1. *Lucrări ce pot fi prezentate spre publicare sînt: de importanță generală, tehnico-științifice speciale, teoretice sau experimentale și tehnice obișnuite.*
2. *Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învățămînt, producție, este condiția esențială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuție trebuie să se refere la probleme noi și actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde considerații privind eficiența economică a soluțiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.*
3. *Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.*
4. *Lucrări care au mai fost publicate integral sau parțial, nu pot fi trimise redacției spre publicare*
5. *Un scurt rezumat fixînd premizele de la care s-a pornit, problema studiată și cadrul în care este tratată, nedepășind 6—8 rînduri, se va anexa lucrării.*
6. *In introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei și în preocupările producției; de asemenea se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuția autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permițînd inteligibilitatea fără dificultăți a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstrații voluminoase; de asemenea se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată, sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.*
7. *Concluziile vor concentra rezultatele obținute cu indicarea limitei de valabilitate și aplicațiilor posibile.*
8. *Anexele pot cuprinde demonstrații originale sau absolut necesare înțelegerii formulelor din text; de asemenea în anexe se pot da exemple de calcul.*
9. *Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmațiile luate din alte lucrări și care nu sînt în general cunoscute.*
10. *Nivelul articolelor va fi înalt.*
11. *Dezvoltările matematice vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului. Pentru demonstrații se vor alcătui anexe.*
12. *Se recomandă o atenție deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grije literele majuscule, minuscule sau cele ruseşti, romane, greceşti, germane etc.*
13. *Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît și figuri sau tabele) speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale. Pentru cărți: numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet (eventual și tradus în paranteză), ediția, editorul, locul editării, anul. Pentru articole: numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus în paranteze), revista tomul, anul, numărul, paginile.*
14. *Scrisul la mașină al articolelor este recomandat cu insistență exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură față, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.*
15. *Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicații.*
16. *Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. In notă se vor indica: titluri academice, funcțiuni, localitatea și adresa domiciliului, număr de telefon.*
17. *Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora de publicare.*
18. *Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 ore de la primire. Nu se admit modificări esențiale față de manuscris, în care caz ele cad în sarcina autorului.*

Revista „Electrotehnica", organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Energiei Electrice și Industriei Electrotehnice. Editor: Asociația Științifică a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. Redacția: București, Str. Ion Gnica nr. 3, telefon 3 57 28 — 3 07 30. Administrația și Casieria: București, Cal. Victoriei 118, telefon 4 06 24. Redacția își rezervă toate drepturile privind lucrările precum și materialul grafic—ilustrativ apărut în revistă cît și cele privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase, referate sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei. Revista apare lunar. Abonamentul anual: pentru întreprinderi lei 96 și individual lei 30. Prețul unui exemplar: lei 5. Abonamentele se primesc la sediile administrației sau redacției, sus indicate. Tiparul: Intreprinderea Poligrafică nr. 3. București.

ELECTROTEHNICA

Anul V Nr. 3 martie 1957

SUMAR

CZ 621.313.222.012 : 621.3.045.31

D. P. Morozov şi *V. I. Stoica* :

Caracteristicile electromecanice ale motorului serie de curent continuu cu înfăşurarea de excitaţie conectată în punte Graetz

Electrotehnica, V (1957) 3, p. 69

Se propune o schemă utilizînd o punte din semiconductoare, pe bază de germaniu care permite îmbunătăţirea proprietăţior motorului serie de curent continuu. Se analizează cîteva din regimurile de funcţionare ale motorului serie (pornire, inversare, frînare dinamică, generator cu recuperare), cu înfăşurarea de excitaţie alimentată printr-o punte Graetz, arătîndu-se avantajele incontestabile ale sistemului propus.

CZ 621.318.423 : 621.315.53

V. I. Nitu :

Condiţiile înlocuirii cuprului cu aluminiul la bobinele de reactanţă

Electrotehnica, V (1957) 3, p. 77

Se analizează posibilitatea înlocuirii cuprului cu aluminiul la bobinele de reactanţă, studiindu-se în acest scop condiţiile termice şi mecanice care acţionează asupra conductoarelor. După expunerea modului de comportare a aluminiului, se dau rezultatele unor verificări experimentale care concordă cu calculele şi dau indicaţii utile pentru proiectarea acestor bobine.

CZ 621.316.13.025 : 621.317.382.016.24

D. Fränkel :

Măsurarea puterii active maxime şi de nesimetrie în sisteme trifazate

Electrotehnica, V (1957) 3, p. 82

Se stabileşte expresia puterii active maxime şi de nesimetrie în sisteme trifazate şi se tratează măsurarea acestor puteri în concordanţă cu formularea teoretică.

DISCUŢII

CZ 538.551.4 : 511.24

Asupra calculului puterii în curent alternativ cu ajutorul cantităţilor complexe

Pl. Andronescu : Observaţii

I. S. Antoniu : Răspuns

Electrotehnica, V (1957)3, p. 85

REFERATE, p. 89

BIBLIOGRAFIE, p. 95

CRONICA, p. 97

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.313.222.012 : 621.3.045.31.

D. P. Morozov şi *V. I. Stoica:*

Электромеханические характеристики последовательного двигателя постоянного тока с обмоткой воздуждения включенной по мостовой схеме Грица.

Electrotehnica, V (1957) 3, стр. 69

Предлагается мостовая схема собранная с германевыми полупроводниками, которая позволяет улучшить качества последовательного двигателя постоянного тока. Анализируются некоторые режимы работы последовательного двигателя (пуск, переключение, динамический тормоз, рекуперативный генератор) с питанием обмотки возбуждения через мост Грица и показываются несомненные преимущества предлагаемой системы.

ДК 621.318.423 : 621.315.53.

V. I. Nitu:

Условия замены меди алюминием для катушки дросселей.

Electrotechnica, V (1957) 3, стр. 77

Анализируется возможность замены меди алюминием для катушек дросселей, и изучается для этой цели, термические условия которые действуют над проводниками. После изложения поведении, алюминия, даются результаты некоторых экспериментальных проверок которые подтверждаются расчетами и даются полезные указания для проектировании этих катушек.

ДК 621.316.13.025.3 : 621.317.382.016.24.

D. Fränkel:

Измерение максимальной активной и несимметринной мощности в трехфазных системах.

Electrotehnica V (1957) 3, стр. 82

Устанавливается выражение максимальной активной и несимметричной мощности в трехфазных системах и анализируется измерение этих мощностей в соответствии с теоретической формулировкой.

ДИСКУССИИ.

ДК 538.551.4 : 511.24.

О расчете мощности переменного тока с помощью комплексных чисел.

Pl. Andronescu: Замечания.

I. S. Antoniu: Ответ.

Electrotehnica, V (1957) 3, стр. 85

ДОКУМЕНТАЦИЯ, стр. 89

БИБЛИОГРАФИЯ, стр. 95

ХРОНИКА, стр. 97

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ȘI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Anul V Nr. 3 București, martie 1957

BIBLIOTECA Politehnica BUCUREȘTI OFERĂ - CERE VYMENA - WYMIANA TAUSCH - OBMEHA

Caracteristicile electromecanice ale motorului serie de curent continuu cu înfășurare de excitație conectată în punte Graetz

D. P. MOROZOV și *V. I. STOICA*
Institutul Energetic Molotov, Moscova

Evoluția tehnică modernă în domeniul mașinilor electrice este caracterizată în parte prin conexiunile speciale ale înfășurărilor de excitație. În cazul de față, un profesor sovietic și elevul lui, un inginer romîn, propun o schemă specială de alimentare a excitației motorului de curent continuu serie prin care se îmbunătățesc considerabil condițiile de funcționare ale acestui motor în mai multe regimuri, dar mai ales la inversarea sensului de rotație. Lucrarea conține date asupra unor experiențe efectuate într'un institut de cercetări din Uniunea Sovietică, date care confirmă previziunile teoretice asupra comportării mașinii. Este de prevăzut că această interesantă metodă va găsi în viitor aplicații multiple în antrenările care cer motoare cu caracteristice serie și o frecvență mare de conectări.

CZ 621.313.222.012 ; 621.3.045.31

Motorul de curent continuu serie are cîteva calități care-l deosebesc de celelalte motoare și care-l fac utilizabil în anumite acționări electrice speciale. Astfel se poate aminti un cuplu mare la pornire care duce după sine o scurtare a timpului de pornire și o caracteristică mecanică moale care-l face de dorit în acționările electrice ale aparatelor de ridicat și de tracțiune.

Dependența fluxului magnetic de curentul rotoric implică însă unele dezavantaje cum ar fi : turația la mers în gol ideal are valoarea

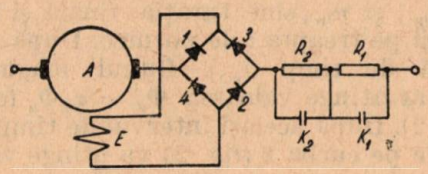


Fig. 1. Schema de conectare a mașinii :
1, 2, 3, 4 — semiconductoare ; R_1 R_2 — rezistențe ; K_1,K_2 — contactoare ; *E*-excitație ; *A*-rotor ;

infinită ; motorul poate atinge turații foarte mari la mers în gol ; pentru realizarea regimului de frînare dinamică este necesară inversarea bornelor înfășurării de excitație sau ale rotorului pentru realizarea autoexcitației, ceea ce implică o complicare a schemei electrice ; lipsește regimul de generator cu recuperare ca urmare a valorii infinite a turației la mers în gol ideal.

Dacă vom conecta înfășurarea de excitație în punte Graetz (fig. 1), ultimile două dezavantaje ale mașinii dispar menținîndu-se toate celelalte calități care decurg din dependența fluxului magnetic de curentul de sarcină. În anumite condiții care se pot preciza, regimul tranzitoriu în această mașină, atît la pornire cît și la reversare, va decurge în condiții mai bune decît în mașina cu schemă obișnuită.

Vom examina în continuare cîteva din regimurile de funcționare ale mașinii serie cu excitația conectată ca in fig. 1.

Regimul de motor

Vom considera că semiconductoarele au o caracteristică voltamperică ideală (rezistență directă nulă și rezistență inversă infinită). Depinzînd de polaritatea tensiunii externe în regimul de motor, curentul va trece prin semiconductoarele 1 și 2 sau prin 3 și 4. Dacă vom șunta rezistențele R_1 și R_2, cu ajutorul contactoarelor K_1 și K_2 mașina va lucra cu caracteristica mecanică naturală.

La un moment dat, cînd mașina lucrează în sarcină, o vom deconecta de la rețea. Va avea loc un fenomen care schimbă esențial calitățile electromecanice ale acestei mașini. Circuitul de excitație care are inductivitate este scurtcircuitat prin rezistența directă a semiconductoarelor punții Graetz. În consecință curentul în bobina de excitație și fluxul în mașină nu dispar instantaneu. Ele se vor micșora în timp după o lege exponențială determinată de constanta de timp a înfășurării de

excitaţie T_m. În fig. 2 (curba 2), este trasată variaţia în timp a fluxului magnetic al maşinii pentru acest caz pornindu-se de la valoarea iniţială Φ_1.

La pornirea unei maşini serie de curent continuu cu schemă obişnuită fluxul magnetic

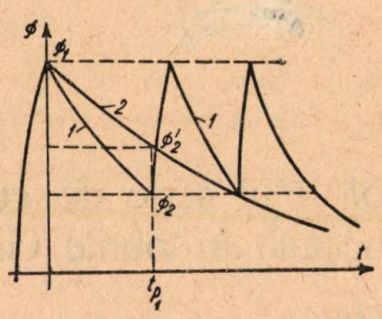


Fig. 2. Curba de variaţie a fluxului magnetic al maşinii:
1 – în cazul schemei obişnuite; 2 – în cazul schemei propuse.

variază între două valori Φ_1 şi Φ_2 ce depind de valorile maximă şi minimă ale curentului de pornire, de gradul de saturaţie al circuitului magnetic. Curba micşorării fluxului de la Φ_1 la Φ_2 depinde de valoarea momentului de inerţie al maselor ce se antrenează în mişcare, GD^2, de valoarea cuplului static la arbore M_s şi de gradul de saturaţie al circuitului magnetic. Această curbă poate avea aspectul din fig. 2 (curba *1*). Creşterea fluxului magnetic de la Φ_2 la Φ_1 este determinată de constanta de timp a circuitului electric al maşinii inclusiv rezistenţa de pornire. (Valoarea mare a acesteia în comparaţie cu inductivitatea maşinii ne permite ca în prima aproximaţie să neglijăm timpul necesar creşterii fluxului de la Φ_2 la Φ_1). După cum se vede din fig. 2, valorile iniţiale ale fluxului magnetic Φ_1 pentru curbele *1* şi *2* coincid. Înclinarea curbei *2* este determinată numai de T_m (constanta de timp a înfăşurării de excitaţie) pe cînd înclinarea curbei *1*, de mai mulţi factori. Prin varierea acestor factori (GD^2, M_s etc) putem găsi o asemenea situaţie în care înclinaţia curbei *1* să fie mai mare decît a curbei *2*. Aceasta ne conduce la concluzia că în momentul şuntării noii trepte a reostatului de pornire (t_{p1}, în fig. 2) fluxul magnetic al maşinii poate fi mai mare în cazul folosirii schemei propuse decît în cazul schemei obişnuite a maşinii serie. Evident că şi cuplul motor al maşinii va fi în acest caz mai mare şi, odată cu aceasta şi valoarea medie a cuplului motor va creşte. Urmarea directă este o micşorare a timpului de pornire şi a pierderilor de energie la pornire.

Pentru a găsi relaţia cantitativă care să ilustreze fenomenul expus, folosim următoarele notaţii:

M_n, Φ_n, I_n — valorile nominale ale cuplului motor, fluxului magnetic şi curentului maşinii;

$M_s = \gamma M_n$ — cuplul rezistent la arbore;

M_1 şi M_2 — cuplul maxim şi minim la pornire;

$I_1 = \beta_1 I_n$ şi $I_2 = \beta_2 I_n$ — curentul maxim şi minim la pornire;

$\Phi_1 = \alpha_1 \Phi_n$ şi $\Phi_2 = \alpha_2 \Phi_n$ — fluxul magnetic maxim şi minim la pornire în maşina serie cu schemă obişnuită;

$\Phi_1 = \alpha_1 \Phi_n$ şi $\Phi'_2 = \alpha'_2 \Phi_n$ — fluxul magnetic maxim şi minim la pornire în maşina serie cu înfăşurarea de excitaţie conectată în punte Graetz;

T_m — constanta de timp a înfăşurării de excitaţie;

t_{p_i} — timpul necesar pornirii pe treapta i a reostatului de pornire;

n_{nl} — turaţia nominală limită;

i — numărul de trepte al reostatului de pornire;

$$\mu = \frac{\alpha_1 \beta_2}{\alpha_2 \beta_1}.$$

Timpul necesar pornirii pe treapta i a reostatului de pornire este determinat de relaţia [1]:

$$t_{pi} = \frac{GD^2}{375} \frac{n_{fin\,i} - n_{in\,i}}{M_1 - M_2} \ln \frac{M_1 - M_s}{M_2 - M_s} \qquad (1)$$

unde $n_{fin\,i}$ şi $n_{in\,i}$ sînt turaţia finală şi iniţială a maşinii pe treapta i de pornire. După această perioadă de timp ($t_{p.i}$) fluxul magnetic al maşinii ar atinge valoarea $\Phi_2 = \alpha_2 \Phi_n$ (curba *1* din fig 2). După acelaşi interval de timp fluxul magnetic pe curba *2* (fig. 2) va atinge valoarea

$$\Phi'_2 = \alpha'_2 \Phi_n = \Phi_1 e^{-\frac{t_{p.i}}{T_m}}. \qquad (2)$$

Dacă descompunem $e^{-\frac{t_{p.i}}{T_m}}$ în serie şi ne limităm la primii doi termeni, vom obţine:

$$\Phi'_2 = \alpha_1 \Phi_n \left(1 - \frac{t_{p.i}}{T_m}\right). \qquad (2')$$

Se pot găsi valori bine determinate pentru GD^2 şi M_s pentru care Φ_2 din schema obişnuită şi Φ'_2 din noua schemă să coincidă. Adică:

$$\Phi_2 = \alpha_2 \Phi_n = \Phi'_2 = \alpha_1 \Phi_n \left(1 - \frac{t_{p.i}}{T_m}\right). \qquad (3)$$

În relația de mai sus în locul lui $t_{p.i}$ vom pune valoarea lui din egalitatea (1) și vom obține:

$$\alpha_2 \Phi_n = \alpha_1 \Phi_n \left(1 - \frac{GD^2}{T_m\, 375} \cdot \frac{n_{fini} - n_{ini}}{M_1 - M_2} \ln \frac{M_1 - M_s}{M_2 - M_s} \right) \quad (4)$$

Ecuația (4) determină relația de legătură între GD^2, M_s și T_m pentru ca în noua schemă fluxul magnetic să fie egal în momentul t_{pi} cu cel din vechea schemă. Dacă în acționarea electrică respectivă momentul de volant real va fi mai mic decît cel critic ce reiese din relația (4), atunci fluxul magnetic în mașină se va micșora în timpul pornirii după curba *2* (fig. 2) și nu după curba *1* cum ar face dacă momentul de volant ar fi egal sau mai mare decît cel critic. Vom determina valoarea critică a momentului de volant. Pentru aceasta în expresia (4) vom înlocui diferența $n_{fin\,i} - n_{in\,i}$ cu expresia:

$$n_{fin\,i} - n_{in\,i} = n_{n\,l} \frac{\beta_1 - \beta_2}{\alpha_2 \beta_1} \mu^{i-1}, \quad (5)$$

demonstrată în anexa 1.

După această înlocuire și folosind notațiile amintite mai sus se obține următoarea expresie pentru GD_0^2 (valoarea critică):

$$GD_0^2 = 375 \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\beta_1 - \beta_2} \cdot \frac{\alpha_2}{\alpha_1} \cdot \frac{\beta_1(\alpha_1\beta_1 - \alpha_2\beta_2)}{\ln \frac{\alpha_1\beta_1 - \gamma}{\alpha_2\beta_2 - \gamma}} \cdot \frac{M_n}{n_{n.l}} \cdot \frac{T_m}{\mu^{i-1}} \quad (6)$$

GD_0^2 este exprimat funcție de T_m și de $\gamma = \frac{M_s}{M_n}$ gradul de încărcare al mașinii la arbore.

Presupunem că momentul de volant al instalației este mai mic decît cel critic și determinat de relația:

$$GD^2 = \rho GD_0^2 \ (\rho < 1). \quad (7)$$

În acest caz, cuplul mașinii în momentul $t_{p.i}$ va avea o valoare mai mare cu ΔM decît în cazul schemei obișnuite. ΔM se determină de relația

$$\Delta M = \beta_2 (1 - \rho)\ (\alpha_1 - \alpha_2)\ M_n. \quad (8)$$

Relația (8) se poate demonstra în felul următor:
Considerăm diferența

$$\Delta M = M_2' - M_2 \quad (9)$$

unde M_2' este cuplul motor al mașinii în momentul $t_{p.i}$ pentru schema propusă.

$$\Delta M = K_M \Phi_2' I_2 - K_M \Phi_2 I_2 = K_M (\Phi_2' - \Phi_2) I_2 \quad (10)$$

sau:

$$\Delta M = \frac{\Phi_2' - \Phi_2}{\Phi_n} \beta_2 M_n \quad (11)$$

Căutăm în continuare diferența $\Phi_2' - \Phi_2$ folosind relația (2')

$$\Phi_2' - \Phi_2 = \alpha_1 \Phi_n \left(1 - \frac{t_{p.i}}{T_m}\right) - \alpha_2 \Phi_n = \Phi_n \left(\alpha_1 - \alpha_2 - \alpha_1 \frac{t_{p.i}}{T_m}\right) \quad (12)$$

Dacă înlocuim pe $t_{p.i}$ cu valoarea sa din (1) și considerăm relațiile (6) și (7) vom obține:

$$\Phi_2' - \Phi_2 = \Phi_n\ (\alpha_1 - \alpha_2)\ (1 - \rho). \quad (13)$$

În acest caz creșterea cuplului va avea valoarea:

$$\Delta M = \beta_2 (\alpha_1 - \alpha_2)\ (1 - \rho)\ M_n. \quad (8)$$

Este interesant să notăm că valoarea critică a momentului de volant (GD_0^2) depinde între altele și de treapta de pornire pe care ne aflăm prin intermediul expresiei μ^{i-1}. Valoarea lui $\mu = \frac{\alpha_1 \beta_2}{\alpha_2 \beta_1}$ este egală sau mai mică decît unitatea pentru $\alpha_1 \geqslant 1$ și $\alpha_2 \geqslant 1$ și de aceea rezultă că pe treptele superioare ale reostatului de pornire valoarea critică a momentului de volant se mărește.

S-au făcut calcule pentru mașina M.П62 care are datele:

$\beta_1 = 2$; $\beta_2 = 1{,}4$; $\alpha_1 = 1{,}25$; $\alpha_2 = 1{,}08$; $T_m = 1$ s și $\gamma = 1$

$P = 50$ kW; $U = 220$ V; $I = 260$ A; $GD^2 = 22$ kg.m²

și s-a obținut tabela 1:

Tabela 1

Treapta	GD_0^2 kg m²	ρ	ΔM kgm	ΔM% din cuplul nominal
Pentru prima treaptă ($i = 1$)	25,3	0,87	5	5,23
Pentru a doua treaptă ($i = 2$)	31,2	0,705	6,7	7,01
Pentru a treia treaptă ($i = 3$)	38,6	0,6	9,8	10,3

Pentru alt cuplu rezistent mai mic decît cel nominal ($\gamma < 1$) se obțin valori de asemenea mărite pentru momentul de volant critic. Aceasta se explică prin faptul că expresia:

$$\frac{\alpha_1\beta_1 - \gamma}{\alpha_2\beta_2 - \gamma}$$

descrește cu micșorarea lui γ (numărătorul crește mai încet decît crește numitorul) și cu aceasta crește valoarea lui GD_0^2.

Pentru $\gamma = 0{,}75$ s-au calculat creșterile lui ΔM date în tabela 2.

Tabela 2

Treapta	GD_0^2 kg m²	ρ	ΔM kgm	ΔM% din cuplul nominal
Pentru prima treaptă ($i = 1$)	32,9	0,67	7,54	7,9
Pentru a doua treaptă ($i = 2$)	40,6	0,542	10,4	10,9
Pentru a treia treaptă ($i = 3$)	50,2	0,44	12,7	13,2

Inversarea

În schema propusă motorul se va inversa dacă vom inversa polaritatea tensiunii exterioare. În acest caz curentul în rotor îşi schimbă sensul iar fluxul magnetic îşi păstrează sensul; ca urmare a acestui fapt motorul obţine un cuplu negativ care va inversa maşina. Ca şi la pornire, fluxul magnetic la sfîrşitul primei trepte a procesului de inversare poate fi mai mare în schema propusă decît într-o schemă obişnuită. Se poate calcula valoarea critică a momentului de volant pentru inversare ca şi în cazul precedent din egalitatea fluxurilor magnetice pentru noua şi vechea schemă la turaţia egală cu zero (sfîrşitul primei etape a procesului de inversare).

F.e.m. a maşinii la începutul inversării este:

$$e_r = K_e \Phi_1 n_r = K_e \alpha_1 \Phi_n \lambda n_{n.l} = \alpha_1 \lambda U \quad (14)$$

aici n_r este turaţia de la care se începe inversarea

iar $$\lambda = \frac{n_r}{n_{n.l}}. \quad (15)$$

Rezistenţa circuitului rotoric pentru inversare se calculează cu relaţia:

$$R_r = \frac{U + e_r}{I_1} = \frac{U(1 + \lambda \alpha_1)}{\beta_1 I_n}. \quad (16)$$

Cînd turaţia maşinii va fi egală cu zero, curentul ce trece prin maşină va avea valoarea:

$$I_3 = \beta_3 I_n = \frac{U}{R_r} \quad (17)$$

sau avînd în vedere relaţia (16) se poate găsi:

$$\beta_3 = \frac{\beta_1}{1 + \lambda \alpha_1}. \quad (18)$$

Corespunzător acestui coeficient β_3 se poate găsi din curba de magnetizare valoarea coeficientului α_3 (valoarea relativă a fluxului magnetic în momentul trecerii turaţiei prin valoarea zero în cazul schemei obişnuite).

Fluxul magnetic, în cazul schemei nou propuse, după $t = t_r$ (t_r este timpul necesar inversării pe prima treaptă) va avea valoarea

$$\Phi_3' = \alpha_3' \Phi_n = \alpha_1 \Phi_n \left(1 - \frac{t_r}{T_m}\right).$$

Fluxul magnetic pentru schema obişnuită la $t = t_r$ are valoarea:

$$\Phi_3 = \alpha_3 \Phi_n.$$

Scriem egalitatea acestor fluxuri

$$\Phi_3' = \Phi_3 = \alpha_3 \Phi_n = \alpha_1 \Phi_n \left(1 - \frac{t_r}{T_m}\right). \quad (19)$$

Şi aici ca şi în cazul precedent am descompus pe $e^{-\frac{t_r}{T_m}}$ în serie şi ne-am limitat la primii doi termeni. (Amintim că eroarea ce se va introduce va fi mai mare decît în cazul precedent lucru ce decurge din valoarea mai mare a timpului t_r. Acest lucru ne creează însă un coeficient de siguranţă mai mare deoarece fluxul magnetic va descreşte mai încet decît arată expresia liniară folosită).

În relaţia (19) vom înlocui t_r cu valoarea sa:

$$t_r = \frac{GD^2}{375} \cdot \frac{n_r}{M_1 - M_3} \ln \frac{M_1 + M_s}{M_3 + M_s} \quad (20)$$

şi cu aceasta ajungem la relaţia:

$$\alpha_3 \Phi_n = \alpha_1 \Phi_n \left(1 - \frac{GD^2}{T_m 375} \cdot \frac{n_r}{M_1 - M_3} \ln \frac{M_1 + M_s}{M_3 + M_s}\right) \quad (21)$$

De aici vom deduce expresia momentului de volant critic:

$$GD_{0r}^{2} = 375 \frac{\alpha_1 - \alpha_3}{\alpha_1} \cdot \frac{M_n}{n_r} \cdot \frac{\alpha_1 \beta_1 - \alpha_3 \beta_3}{\ln \frac{\alpha_1 \beta_1 + \gamma}{\alpha_3 \beta_3 + \gamma}} T_m. \quad (22)$$

Creşterea cuplului motor la sfîrşitul primei trepte a inversării se poate calcula după formula (8) dacă în locul lui α_2 şi β_2 se vor introduce respectiv α_3 şi β_3.

Pentru aceeaşi maşină MII62 se obţin datele din tabela 3.

Tabela 3

Treapta	GD_{0r}^2 kg. m²	ρ	ΔM kgm	ΔM% din cuplul nominal
Pentru $n_r = n_n$ ($\gamma = 1$) . .	48,7	0,505	12,6	13
Pentru $n_r = 1{,}3\ n_n$ ($\gamma = 0{,}5$)	31	0,71	7,3	7,6

Frînare dinamică

În acest regim maşina lucrează ca generator debitînd pe o rezistenţă, energia luată prin arbore (de ex. cinetică). Pentru realizarea autoexcitaţiei maşinii este necesar ca în schema obişnuită să inversăm polaritatea înfăşurării de excitaţie. Numai în acest caz f.e.m creată de existenţa magnetismului remanent şi a turaţiei va da naştere unui curent, care, trecînd prin înfăşurarea de excitaţie va putea să excite în continuare maşina. În caz contrar maşina se va demagnetiza.

În schema cu punte din semiconductoare nu mai este necesară schimbarea polarităţii înfăşurării de excitaţie deoarece, indiferent de semnul f.e.m. a maşinii, prin circuitul de excitaţie va trece totdeauna curentul în acelaşi sens şi va excita în continuare maşina. Pentru ca maşina să treacă din regim de motor în regim de frînă dinamică este suficient să decuplăm maşina de la reţea şi să o cuplăm la rezistenţa de frînare.

În momentul deconectării mașinii de la rețea fluxul magnetic al mașinii a avut o valoare determinată de cuplul rezistent de la arborele mașinii. În timp acest flux va scade după o lege exponențială iar în momentul închiderii circuitului pe rezistența de frînare el va avea o valoare determinată de constanta de timp T_m a circuitului de excitație, de timpul propriu necesar aparaturii ca să acționeze și de valoarea sa inițială. Această valoare este în general diferită de zero și mult mai mare decît valoarea fluxului remanent. La mașini mari cu $T_m = 1—2$ s valoarea fluxului magnetic în momentul închiderii circuitului de frînare poate ajunge la 80—90% din valoarea inițială. Aceasta înseamnă că autoexcitația mașinii nu va începe cu o f. e.m. corespunzătoare fluxului remanent (3—5%) din cel nominal, ci cu o valoare mult mai mare. Concluzia este că timpul necesar autoexcitației se scurtează simțitor ceea ce are o importanță deosebită cînd este vorba de a opri repede un agregat.

Regimul de generator cu recuperare

Dacă după ce am întrerupt circuitul mașinii vom conecta din nou mașina la rețea, curentul ce va trece prin mașină va fi determinat de relația:

$$I = \frac{U - K_e \Phi n}{\Sigma R} \qquad (23)$$

unde Φ este valoarea fluxului magnetic în momentul reconectării mașinii la rețea;
n — turația mașinii;
ΣR — suma tuturor rezistențelor circuitului mașinii.

Curentul I poate avea valori pozitive sau negative (regim de motor sau generator) după cum $K_e \Phi n$ este mai mic sau mai mare decît U. Pentru realizarea regimului de generator este necesar ca $K_e \Phi n > U$.

La prima vedere acest lucru pare imposibil din mai multe motive și anume:

— valoarea inițială a lui Φ scade în timp;

— fluxul magnetic în momentul deschiderii circuitului avea o valoare care crea o f.e.m. în orice caz mai mică decît tensiunea U a rețelei (mașina lucrase ca motor);

— mașina are un moment de inerție destul de mare pentru că în intervalul de timp de la deconectare și pînă la reconectare turația mașinii să nu sufere schimbări substanțiale.

Concluzia este că în condiții obișnuite $K_e \Phi n$ nu poate fi mai mare decît U.

În încercările noastre, am acționat asupra valorii inițiale a fluxului magnetic Φ mărindu-l în mod artificial pînă la o valoare, care avînd în vedere descreșterea lui după o lege exponențială, și timpul necesar aparaturii ca să acționeze, să creeze în momentul reconectării la rețea o f.e m. mai mare ca tensiunea rețelei. Aceasta se realizează în felul următor:

În momentul t_1 vom deconecta mașina care lucrase ca motor. Inversăm polaritatea tensiunii exterioare și închidem circuitul mașinii la rețea printr-o rezistență care să limiteze curentul la circa 2—2,5 din cel nominal t_2. Lăsăm mașina în regim de contracurent un timp scurt și apoi deschidem iar circuitul t_3. Inversăm încă odată polaritatea tensiunii rețelei și închidem circuitul mașinii la rețea fără nici un fel de rezistență t_4 (fig. 3).

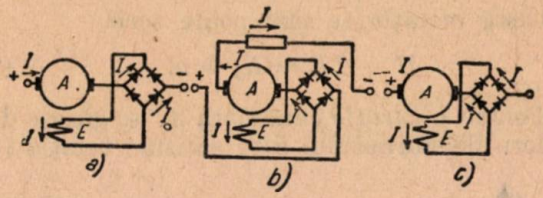


Fig. 3. Schema conectării mașinii:
a — în regim de motor (pînă la t_1); b — în timpul regimului de contracurent (de la t_2 la t_3); c — în timpul recuperării (după t_4).

Timpul de la t_1 la t_2 și de la t_3 la t_4 sînt timpii necesari aparaturii ca să acționeze.

Intervalul de timp de la t_2 la t_3 trebuie să fie suficient de mic pentru ca mașina nu numai să nu-și schimbe sensul de rotație dar micșorarea turației să fie insensibilă. Acest timp este necesar numai curentului pentru ca să crească pînă la valoarea maximă și este determinat de constanta de timp a circuitului (inductivitatea excitației și indusului + rezistența ohmică a întregului circuit).

Cînd am conectat a doua oară mașina la rețea t_4 f.e.m. a mașinii a fost mai mare decît tensiunea rețelei iar curentul a început să curgă prin mașină în sens invers (curent de recuperație) și în continuare să excite mașina pînă ce curentul a ajuns la o valoare stabilă determinată de valoarea rezistenței circuitului rotoric, de valoarea cuplului static (motor în acest caz) și de valoarea tensiunii rețelei.

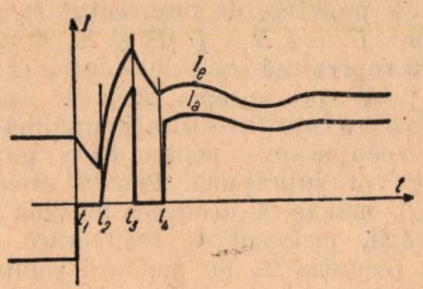


Fig. 4. Variația în timp a curentului de excitație și a curentului rotoric în timpul trecerii din regimul de motor în cel de generator cu recuperare. Scările sînt diferite. Copie după oscilogramă.

În fig. 4 sînt arătate variațiile curentului de excitație I_e și a curentului rotoric I_a în intervalul de timp de la t_1 la t_4.

Vom determina curentul generat de maşină fiind cunoscute R şi M_s (rezistenţa circuitului şi cuplul rezistent).

Ecuaţia de echilibru a f.e.m. este:

$$U = K_e \Phi n - IR \qquad (24)$$

această ecuaţie se mai poate scrie

$$U + IR = K_e \Phi n. \qquad (24')$$

Pentru o turaţie cunoscută n_1 se găsesc două valori ale curentului care satisfac relaţia (24).

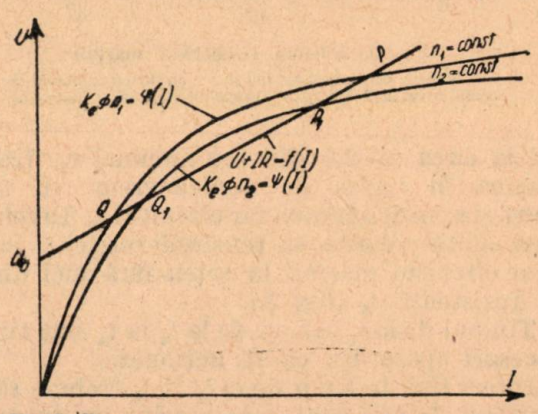


Fig. 5. Regimul de generator: punctul de funcţionare a maşinii.

Aceste valori se pot găsi rezolvînd grafic ecuaţia (24). În sistemul de coordonate U—I vom trasa curba $U + IR = f(I)$ (fig. 5, curba *1*) şi $K_e\Phi n_1 = \varphi(I)$ (curba *2*, fig. 5). Cele două curbe se intersectează în punctele P şi Q. Nu este greu de văzut că punctul Q determină un regim nestabil iar P un regim stabil. Dacă în aceeaşi figură vom trasa încă o curbă $K_e\Phi n = \psi(I)$ pentru o altă turaţie n_2 (fie $n_2 < n_1$) vom vedea că punctele de intersecţie P_1 şi Q_1 ale curbelor $U + I\,R = f\,(I)$ şi $K_e\,\Phi\,n_2 = \psi\,(I)$ [acestea reprezintă soluţiile ecuaţiei (24) pentru $n = n_2$] se vor apropia. Este de aşteptat să se găsească o turaţie — turaţia minimă necesară pentru recuperare — pentru care punctele P şi Q se vor suprapune. Pentru orice turaţie ($n < n_{cr}$) mai mică decît cea minimă necesară recuperării, procesul de recuperare nu mai are loc (ecuaţia 24 nu mai are soluţii reale). Acum este uşor să se construiască caracteristica mecanică a maşinii în regim de generator. Pentru aceasta vom aminti ecuaţia care exprimă dependenţa turaţiei maşinii de curentul rotoric.

$$n = \frac{U \pm IR}{U}\, n_{n.l} \qquad (24'')$$

şi aici n_{nl} se poate construi ca funcţie de curent din caracteristica mecanică normală cu ajutorul expresiei

$$n_{n.l} = \frac{U}{U - I\,R_a}\, n \qquad (25)$$

unde R_a — este rezistenţa proprie a maşinii;
n — turaţia pe caracteristica normală.

Dacă ne sînt date caracteristicile artificiale ale maşinii pentru regimul de motor atunci foarte simplu — aşa cum se vede în fig. 6a se pot construi caracteristicile mecanice artificiale ale maşinii în regim de generator pentru aceleaşi valori ale rezistenţei circuitului rotoric.

Mai este o metodă de construire a caracteristicilor mecanice ale regimului de generator. Pentru aceasta trebuie să avem trasată

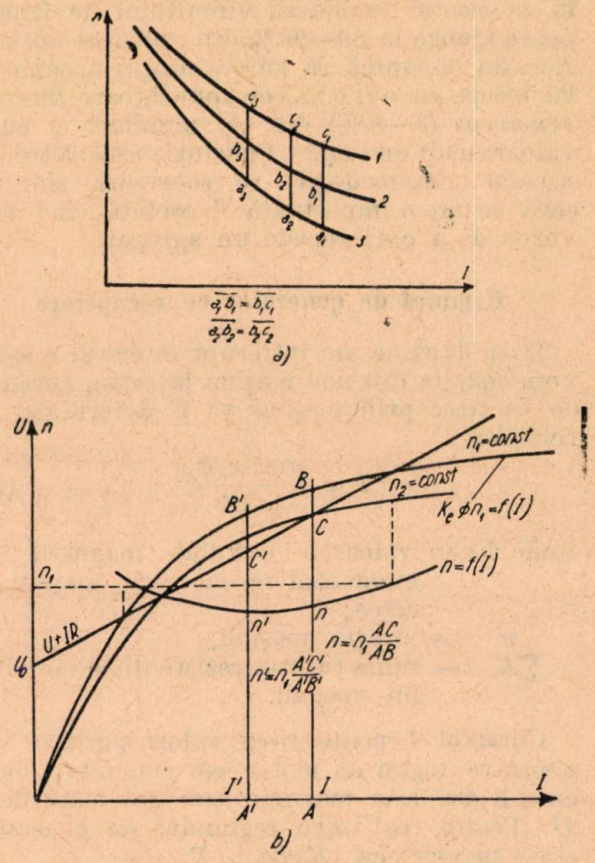


Fig. 6. Modul de construcţie al caracteristicilor mecanice pentru regimul de generator:
a — cu ajutorul caracteristicii mecanice limită; *1* — caracteristica regimului de generator (R_1); *2* — caracteristica mecanică limită; *3* — caracteristica regimului de rotor (R_1); *b* — cu ajutorul caracteristicii de magnetizare.

curba $K_e\Phi n_1$ ca funcţie de curent, pentru o anumită valoare constantă a turaţiei. Vom trasa pe acelaşi grafic dreapta $U + IR$ şi vom găsi curba $n = f(I)$ în felul următor (fig. 6b):

Pentru curentul I_1 turaţia staţionară va fi evident n_1. Pentru un curent oarecare I turaţia va fi $n = n_1 \frac{AC}{AB}$ (fig. 6,b). Vom duce deci verticale şi vom lua rapoarte de felul $\frac{AC}{AB}$ care amplificate cu n_1 ne vor da valorile turaţiilor pentru curenţii luaţi. Ne putem convinge că nu greşim dacă vom trasa încă o curbă $K_e\Phi n_2$ care să

treacă prin punctul C. Raportul f.e.m. $\frac{K_e \Phi n_2}{K_e \Phi n_1}$ va fi tocmai raportul ordonatelor $\frac{AC}{AB}$ deoarece $K_e \Phi$ este acelaşi (unul şi acelaşi curent I). Dar cum această curbă $K_e \Phi n_2$ intersectează curba $U + IR$

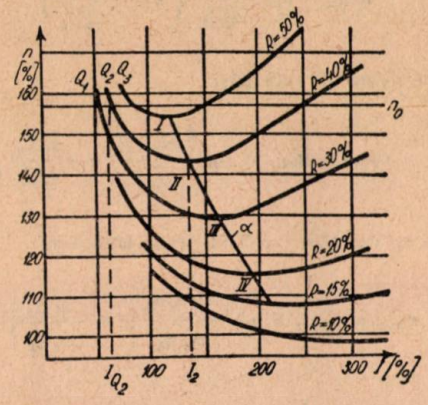


Fig. 7. Familie de caracteristici mecanice ale regimului de generator pentru diferite valori ale rezistenţei circuitului rotoric de la 10—50% din $\frac{U}{I_n}$.

în punctul C înseamnă că I este curentul staţionar generat de maşină la turaţia n_2. Aceasta ne arată că $\frac{n_2}{n_1}$ trebuie să se găsească în raportul $\frac{AC}{AB}$ ceea ce era de demonstrat.

În fig. 7 a fost trasată o familie de caracteristici mecanice artificiale pentru diferite valori ale rezistenţei indusului R luate în procente din $\frac{U}{I_n}$.

Dacă vom examina această familie vom observa:

a) Fiecare curbă are o parte nestabilă (stînga-aici tangenta la curbă este negativă) care se creează prin deplasarea punctului Q (fig. 5) şi o parte stabilă (dreapta — aici tangenta este pozitivă) creată de punctul P (fig. 5). Turaţia minimă la care se mai poate recupera energie este determinată de punctul cu tangenta nulă. Această turaţie creşte cu creşterea rezistenţei circuitului rotoric. Curba α (fig. 7), care uneşte punctele turaţiei minime necesare pentru recuperare, împarte suprafaţa $n.I$ în două regiuni. Recuperarea este posibilă în partea de deasupra a acestei linii.

b) Turaţia minimă necesară pentru recuperare determină un curent minim ce poate fi recuperat. Valoarea acestui curent minim scade cu mărirea rezistenţei circuitului rotoric. Remarca generală este aceea că recuperarea se obţine cu curenţi acceptabili la turaţii 1,5—2 ori din cea nominală sau la turaţii apropiate de cea nominală dar cu curenţi prea mari. Acest fapt îngreuează aplicarea acestei scheme în instalaţiile în care nu este permisă ridicarea turaţiei la valori prea mari.

c) Dacă în fig. 7 vom duce o dreaptă orizontală n_0 vom putea găsi condiţiile de autoexcitaţie ale maşinii ce trece din regim de motor în regim de generator cu turaţia n_0. Dreapta n_0 determină prin punctele de intersecţie cu curbele $n = f(I)$ curenţii I_{Q_1}, I_{Q_2}, I_{Q_3}, ... Considerăm fluxurile magnetice Φ_{Q_1}, Φ_{Q_2}, Φ_{Q_3} corespunzătoare acestor curenţi. Condiţia de autoexcitaţie a maşinii cu rezistenţa rotorică R_2 se exprimă în felul următor:

$$e_0 > K_e \Phi_{Q_2} n_0 \qquad (26)$$

şi aici e_0 este valoarea f.e.m. în momentul t_4 (fig. 3 şi fig. 4) iar Φ_{Q_2} este valoarea fluxului magnetic corespunzător curentului I_{Q_2}. După cum se vede din fig. 7 condiţia de autoexcitaţie este cu atît mai uşoară cu cît este mai mică rezistenţa circuitului rotoric.

Concluzii

Schema ce se propune aduce o serie de avantaje şi de îmbunătăţiri propietăţilor maşinii serie de curent continuu. Puntea de semiconductoare este un element discutabil atunci cînd este vorba de curenţi mari (schema aduce îmbunătăţiri maşinilor de putere mare deci cu curenţi nominali mari) şi realizarea ei din semiconductoarede seleniu sau cuproxid nu este avantajoasă. Realizarea punţii din semiconductoare pe bază de germaniu prezintă avantajul că oferă într-un volum mic şi cu o durabilitate mare posibilitatea trecerii unui curent relativ mare. Trebuie de asemenea să remarcăm că în regim tranzitoriu tensiunea inversă la care sînt supuse semiconductoarele poate în unele cazuri să depăşească valoarea tensiunii reţelei (de ex. la inversare). În regim staţionar tensiunea inversă nu

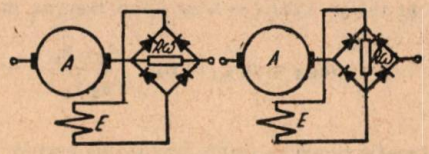


Fig. 8. Schema de conectare a rezistenţei de şuntare R_ω în puntea Graetz.

depăşeşte 5% din valoarea tensiunii reţelei. Pentru a elimina tensiunile prea mari la care sînt supuse semiconductoarele în regim tranzitoriu se recomandă folosirea uneia din schemele din fig. 8. Rezistenţa care şuntează de fapt inductivitatea înfăşurării de excitaţie trebuie să aibă o valoare de circa 10—20 ori mai mare ca valoarea rezistenţei înfăşurării de excitaţie. Această rezistenţă deplasează puţin caracteristica mecanică naturală a maşinii iar pierderile de energie sunt neglijabile (2—5% din pierderile totale în maşină).

Anexa 1 Demonstrarea relației (5)

Pentru calculul rezistenței circuitului rotoric la pornire folosim următoarele relații:

$$R_i = \frac{U - K_e \Phi_1 n_{in.i}}{I_1} = \frac{U - K_e \Phi_2 n_{fin.i}}{I_2} \qquad 27)$$

unde R_i este rezistența circuitului rotoric pentru treapta i de pornire.

Relația (27) se mai poate scrie:

$$I_2 (U - K_e \Phi_1 n_{in.i}) = I_1 (U - K_e \Phi_2 n_{fin.i}) \qquad (27')$$

sau

$$U (I_2 - I_1) = K_e \quad (\Phi_1 I_2 n_{in.i} - \Phi_2 I_1 n_{fin.i})$$

În continuare vom ține seama că: $U = K_e \Phi_n n_{n.l}$ și vom obține pentru relația (27) următoarea expresie:

$$K_e \Phi_n n_{n.l} I_n (\beta_2 - \beta_1) = K_e \Phi_n I_n (\alpha_1 \beta_2 n_{in.i} - \alpha_2 \beta_1 n_{fin.i})$$

care în ultimă instanță obține forma:

$$\alpha_2 \beta_1 n_{fin.i} - \alpha_1 \beta_2 n_{in.i} = n_{n.l} (\beta_1 - \beta_2) \qquad (28)$$

Punem în relația (28) $i = 1$ (pornire pe prima treaptă a reostatului de pornire) și vom obține:

$n_{in.1} = 0$ (se pornește de la turație egală cu zero)

$$n_{fin.1} = \frac{1}{\alpha_2 \beta_1} [n_{n.l} (\beta_1 - \beta_2) + \alpha_1 \beta_2 n_{in.1}] \qquad (29)$$

sau

$$n_{fin.1} = n_{n\,l} \frac{\beta_1 - \beta_2}{\alpha_2 \beta_1} . \qquad (30)$$

Pentru diferență se va obține:

$$n_{fin.1} - n_{in.1} = n_{n.l} \frac{\beta_1 - \beta_2}{\alpha_2 \beta_1} . \qquad (31)$$

Punem în relația (28) $i = 2$ (a doua treaptă de pornire).

$$n_{in.2} = n_{fin.1} = n_{n.l.} \frac{\beta_1 - \beta_2}{\alpha_2 \beta_1} \qquad (32)$$

deoarece turația finală pe prima treaptă de pornire și turația inițială pe a doua treaptă de pornire trebuie să fie egale (perioada comutației este suficent de mică pentru a putea neglija variația pe care ar putea-o suferi turația).

$$n_{fin.2} = \frac{1}{\alpha_2 \beta_1} [n_{n.l} (\beta_1 - \beta_2) + \alpha_1 \beta_2 n_{in.2}]$$

sau punînd în locul lui $n_{in.2}$ valoarea sa din (32) se obține:

$$n_{fin.2} = \frac{\beta_1 - \beta_2}{\alpha_2 \beta_1} n_{n.l} + \frac{\alpha_1 \beta_2}{\alpha_2 \beta_1} n_{n.l} \frac{\beta_1 - \beta_2}{\alpha_2 \beta_1}$$

sau

$$n_{fin.2} = n_{n.l} \frac{\beta_1 - \beta_2}{\alpha_2 \beta_1} \left(1 + \frac{\alpha_1 \beta_2}{\alpha_2 \beta_1} \right) \qquad (33)$$

iar pentru diferență vom găsi:

$$n_{fin.2} - n_{in.2} = n_{n.l} \frac{\beta_1 - \beta_2}{\alpha_2 \beta_1} \cdot \frac{\alpha_1 \beta_2}{\alpha_2 \beta_1} . \qquad (34)$$

Punem în relația (28) $i = 3$ (a treia treaptă).

$$n_{in.3} = n_{fin.2} = n_{n.l} \frac{\beta_1 - \beta_2}{\alpha_2 \beta_1} \left(1 + \frac{\alpha_1 \beta_2}{\alpha_2 \beta_1} \right) \qquad (35)$$

$$n_{fin.3} = \frac{1}{\alpha_2 \beta_1} [n_{n.l} (\beta_1 - \beta_2) + \alpha_1 \beta_2 n_{in.3}]$$

sau

$$n_{fin.3} = n_{n.l} \frac{\beta_1 - \beta_2}{\alpha_2 \beta_1} + \frac{\alpha_1 \beta_2}{\alpha_2 \beta_1} n_{n.l} \frac{\beta_1 - \beta_2}{\alpha_2 \beta_1} \left(1 + \frac{\alpha_1 \beta_2}{\alpha_2 \beta_1} \right)$$

sau în sfîrșit

$$n_{fin.3} = n_{n.l} \frac{\beta_1 - \beta_2}{\alpha_2 \beta_1} \left[1 + \frac{\alpha_1 \beta_2}{\alpha_2 \beta_1} + \left(\frac{\alpha_1 \beta_2}{\alpha_2 \beta_1} \right)^2 \right] \qquad (36)$$

pentru diferență se va găsi:

$$n_{fin.3} - n_{in.3} = n_{n.l} \frac{\beta_1 - \beta_2}{\alpha_2 \beta_1} \left(\frac{\alpha_1 \beta_2}{\alpha_2 \beta_1} \right)^2 \qquad (37)$$

În caz general se obține;

$$n_{fin.i} - n_{in.i} = n_{n.l} \frac{\beta_1 - \beta_2}{\alpha_2 \beta_1} \left(\frac{\alpha_1 \beta_2}{\alpha_2 \beta_1} \right)^{i-1} \qquad (5)$$

Bibliografie

[1] *Șenfer, K. I.*: Dinamomașini i dvigateli postoianovo toca. Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad, 1937.

[2] *Morozov, D. P.*: Principiile de bază ale dispozitivelor electrice de acționare, Ed. Tehnică, București, 1952.

[3] *Golovan, A. T.*: Electroprivod, Gosenergoizdat, Moscova Leningrad, 1948.

Condițiile înlocuirii cuprului cu aluminiul la bobinele de reactanță

Ing. V. I. NITU
Candidat în științe tehnice

Înlocuirea cuprului cu aluminiul în electrotehnică fiind o preocupare de seamă în interesul economiei naționale, este util de a se examina în afară de cazul conductoarelor liniilor electrice aeriene și subterane și alte domenii în care aluminiul poate să fie introdus cu folos. În lucrarea de față se arată și se rezolvă unele probleme în legătură cu aplicarea aluminiului la înfășurările bobinelor de reactanță limitatoare ale curenților de scurtcircuit. Forțele electrodinamice și încălzirea conductoarelor se analizează teoretic după care se expun rezultatele unor măsurători ale temperaturii conductoarelor efectuate de către autor într-un institut de cercetări din Uniunea Sovietică. Rezultatele sînt importante pentru proiectarea bobinelor de reactanță cu înfășurări din aluminiu cît și pentru exploatarea stațiilor în care se montează astfel de bobine.

CZ 621.318.423: 621.315.53

Înlocuirea cuprului cu aluminiu are mare importanță pentru economia națională, deoarece cuprul este un metal scump. Pe de altă parte, noi posedăm suficientă bauxită, din care putem extrage aluminiul necesar scopurilor tehnice. Pentru a ilustra economia de cupru care se realizează, în tabela 1, este arătată secțiunea cablului și greutatea cuprului și aluminiului necesar pentru diferite bobine de reactanță.

Tabela 1

Nr.	Tipul bobinei de reactanță	Cupru		Aluminiu	
		Secțiune mm²	Greutate kg	Secțiune mm²	Greutate kg
1	RB—6—600—4	150	3 × 234	240	3 × 122,7
2	RB—6—600—6	135	3 × 244	210	3 × 126
3	RB—6—600—8	120	3 × 281	185	3 × 126
4	RB—6—600—10	135	3 × 415	185	3 × 177

Dacă se ține seamă de condițiile actuale ale dezvoltării sistemelor noastre, cînd la majoritatea centralelor cu consumatori la tensiunea generatoarelor sau la stațiile coborîtoare din cauza curenților de scurtcircuit mari trebuie instalate bobine de reactanță, înlocuirea cuprului cu aluminiu aduce țării o economie de zeci de tone de cupru. Chiar în presupunerea că aluminiul ar fi mai scump decît cuprul, totuși datorită faptului că aluminiul are greutatea specifică mai mică decît cuprul, bobinele de reactanță cu conductor de aluminiu sînt mai ieftine.

Pentru folosirea aluminiului apare necesară cunoașterea proprietăților sale mecanice și termice. Rezistența mecanică a cablului de aluminiu oscilează în limitele 12—20 kg/mm², în funcție de modul de prelucrare, secțiunea la care a fost trefilat și de gradul de puritate. Pe de altă parte, concomitent cu încălzirea se micșorează și rezistența sa la rupere. Prin urmare întrebuințarea aluminiului în construcția bobinelor de reactanță trebuie să fie însoțită de prudență în alegerea temperaturilor admisibile. În scopul evidențierii punctelor de pe bobină cu condiții defavorabile din punct de vedere termic și mecanic, se vor analiza pe rînd aceste probleme.

1. Încălzirea conductoarelor bobinei de reactanță. Încălzirea conductoarelor este cauzată de transformarea unei părți a energiei electrice în energie calorică, care poate fi exprimată astfel:

$$dA = I_N^2 R_t dt. \qquad (1)$$

Din această cantitate de energie o parte trece la încălzirea conductoarelor, iar o parte se transmite mediului înconjurător conform relației:

$$dA = G.c.d\tau + \alpha.S.\tau.dt \qquad (2)$$

în care G este greutatea conductorului, în kg;
c — capacitatea calorică în Ws/kg °C;
$d\tau$ — creșterea temperaturii:
α — coeficientul de cedare de căldură W/cm² °C;
S — suprafața conductorului, în cm²;
τ — diferența între temperatura conductorului și a mediului înconjurător, în °C.

În condițiile în care valoarea efectivă a curentului cît și condițiile de răcire sînt neschimbate, după un anumit timp se stabilește un echilibru între căldura produsă și cea absorbită de mediul înconjurător, cînd creșterea temperaturii încetează: $d\tau = 0$ și $\tau = \tau_N$.

Acesta va fi un regim termic staționar, care poate fi exprimat astfel:

$$I_N^2 R_t.dt = \alpha S.\tau_N.dt \qquad (3)$$

de unde:

$$\tau_N = \frac{I_N^2 R_t}{\alpha S}. \qquad (4)$$

Această egalitate dă relația de bază între mărimea curentului și creșterea temperaturii conductorului față de a mediului înconjurător. Relația (4) deși are o formă simplă, totuși întrebuințarea ei este îngreuiată de faptul că valoarea coeficientului α depinde de mai mulți factori: diferența de temperatură, forma suprafeței, culoarea și materialul conductorului

respectiv etc. Coeficientul α exprimă puterea cedată pe unitate de suprafață și pe un grad diferență de temperaturi prin convecție și radiație către mediul ambiant. Problema găsirii

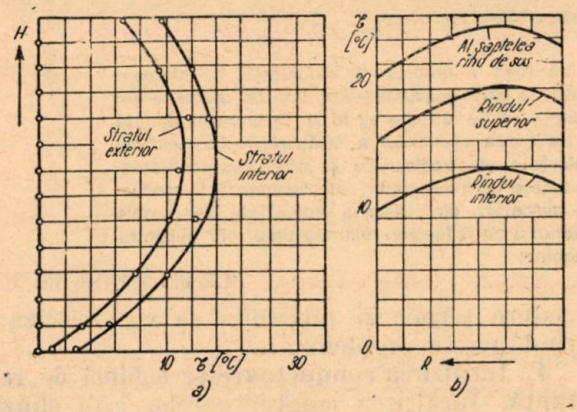


Fig. 1. Distribuirea creșterii temperaturii în înfășurările bobinei de reactanță 6 kV, 100 A, 6,08 mH.

acestui coeficient pentru bobinele de reactanță este mai complicată, deoarece spirele se găsesc în condiții diferite de răcire. În consecință și distribuția temperaturii va fi neuniformă. In fig. 1 și 2 s-a arătat distribuirea temperaturii pentru bobinele de reactanță cu conductor de cupru 6 kV, 100 A, 6,08 mH și 6 kV, 300 A, 1,51 mH, obținută experimental [1]. După cum reiese din fig. 1 și 2, punctul expus celei mai ridicate temperaturi se găsește pe straturile interioare. Pentru regimul normal creșterea temperaturii față de cea a mediului înconjurător poate fi considerată 25—35°C. Această creștere se poate mări sau micșora prin alegerea densității de curent și stabilirea condițiilor de

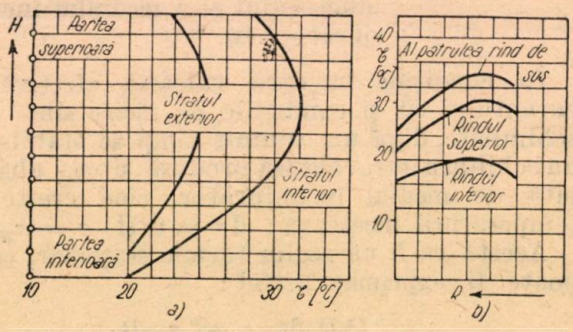


Fig. 2. Distribuirea creșterii temperaturii în înfășurările bobinei de reactanță 6 kV, 300 A, 1,51 mH.

ventilare a aerului din celula bobinei. În ipoteza că temperatura mediului ambiant este de 35°C, temperatura punctului celui mai solicitat din punct de vedere termic va fi de 60—70°C.

2. Forțele mecanice care acționează asupra conductoarelor bobinelor de reactanță. Forța care acționează asupra unității de lungime a unei spire poate fi reprezentată ca sumă a două forțe : una radială și alta axială create respectiv de componenta axială și cea radială a cîmpului magnetic. În fig. 3 se arată descompunerea cîmpului magnetic într-un punct oarecare K, în componenta longitudinală H_e și cea transversală H_g și se indică, de asemenea, forțele mecanice corespunzătoare acestor componente ale cîmpului magnetic. De asemenea în fig. 3, se arată variația componentei transversale și longitudinale a cîmpului magnetic într-o bobină de reactanță. Componenta longitudinală atinge valoarea cea mai mare în centrul bobinei (după înălțime) și scade către extremități. Radial componenta longitudinală atinge maximul în apropierea spirelor interioare și mai departe scade liniar, trecînd prin zero și luînd valori negative. Valorilor negative ale cîmpului le corespund forțe negative pe direcția radială ; practic aceste forțe sînt foarte mici și pot fi neglijate. Astfel forțele maximale în direcția radială pe 1 cm de conductor apar în straturile interioare ale bobinei, în punctul de mijloc A. În ce privește cîmpul transversal, în punctul de mijloc pe înălțime este zero și crește către extremități. Radial cîmpul transversal variază foarte puțin. Pe baza măsurătorilor cîmpului magnetic, prof. C. V. Butchevici propune

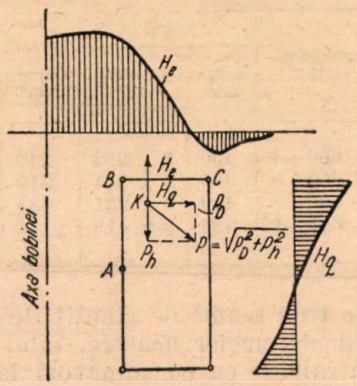


Fig. 3. Variația cîmpului longitudinal și transversal la o bobină de reactanță.

formulele de calcul al efortului mecanic în trei puncte (A, B, C) caracteristice (fig. 3) :

$$P_A = 5.10^{-3} \frac{N}{mb} \left(\frac{I_N}{X}\right)^2 A_{h/2} \quad [\text{kgf/cm}] \qquad (5)$$

$$P_B = 6.10^{-3} \frac{N}{mb} \left(\frac{I_N}{X}\right)^2 A_h \quad [\text{kgf/cm}] \qquad (6)$$

$$P_C = 2{,}8.10^{-3} \frac{N}{mb} \left(\frac{I_N}{X}\right)^2 A_h \quad [\text{kgf/cm}] \qquad (7)$$

în care N este numărul spirelor bobinei ;

m — numărul ramurilor paralele ;
X — reactanța exprimată în % ;
b — lățimea bobinei egală cu $\frac{D_2 - D_1}{2}$ [cm] ;
I_N — curentul nominal în A ;

$A_{h/2}$ — termen care depinde de forma bobinei și poate fi determinat după curbele din fig. 4, pentru abscisa $\frac{h}{2D_1}$ și pentru un raport dat $\frac{D_2}{D_1}$;

A_h — idem, pentru abscisa $\frac{h}{D_1}$ la aceeași valoare a raportului $\frac{D_2}{D_1}$.

Pentru curentul de șoc în aceste formule s-au luat în considerare valorile maximale. Pentru a evidenția aceste forțe, în anexă se prezintă un exemplu numeric.

Cunoscînd forțele care acționează asupra unui cm de conductor, se poate trece la determinarea tensiunilor mecanice ce iau naștere în conductor. Deși, cum s-a arătat mai sus, forțele cele mai mari se dezvoltă în punctul A (fig. 3), totuși cel mai periculos punct este C, deoarece în acest punct deschiderea este cea mai mare. Pentru calculul tensiunilor mecanice se va considera conductorul ca o grindă fixată la ambele capete. Determinarea săgeții în acest caz se face după formula:

$$f_c = \frac{P_{ic}\, l^4}{384\, E\, I} \qquad (8)$$

în care: E este modulul de elasticitate;
J — momentul de inerție;
l — deschiderea spirei;
P_{ic} — forța care acționează în punctul C (fig. 5).

Efortul pe unitate de suprafață în acest caz va fi egal:

$$P_{inc} = \frac{P_{ic}\, l^2}{12\, W}. \qquad (9)$$

În vederea simplificării formulei, în calcule s-a admis sarcina ca statică. Efectuarea calculelor (anexa) în ipoteza unei grinzi fixate la ambele capete sînt suficient de acoperitoare. Din exemple (anexa) rezultă că aluminiul corespunde din punct de vedere mecanic.

3. **Comportarea aluminiului.** După scoaterea în evidență a solicitărilor mecanice și termice ale materialului conductor din bobina de reactanță, se vor arăta, în continuare, în ce măsură aluminiul poate face față acestor solicitări. Institutul de Energetică al Academiei R.P.R. a consacrat un amplu studiu comportării aluminiului în aceste condiții [3]. De aceea, în cele ce urmează se vor arăta în mod sumar, rezultatele publicate în literatura de specialitate, specificînd în ce măsură aluminiul corespunde cerințelor impuse.

Lucrările lui A. S. Zaimovschi și V. V. Usov au arătat că prin încălzirea unui cablu de aluminiu la temperatura de 70—90°C în decurs de

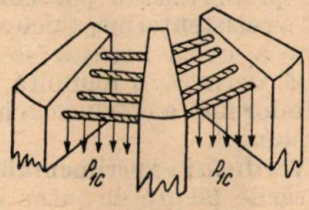


Fig. 5. Forțele care acționează asupra spirelor exterioare ale unei bobine de reactanță.

1 000 h, cablul își micșorează rezistența la rupere de la 20 la 15 kg/mm². Pentru a preveni o micșorare simțitoare a rezistenței mecanice a cablului, este necesar să se aleagă ca temperatură de funcționare normală a cablului de aluminiu temperatura de 60—65°C. Alegerea temperaturii de 60—65°C corespunde unei anumite durate de funcționare la încărcare nominală (de obicei 20 de ani), a bobinei de reactanță.

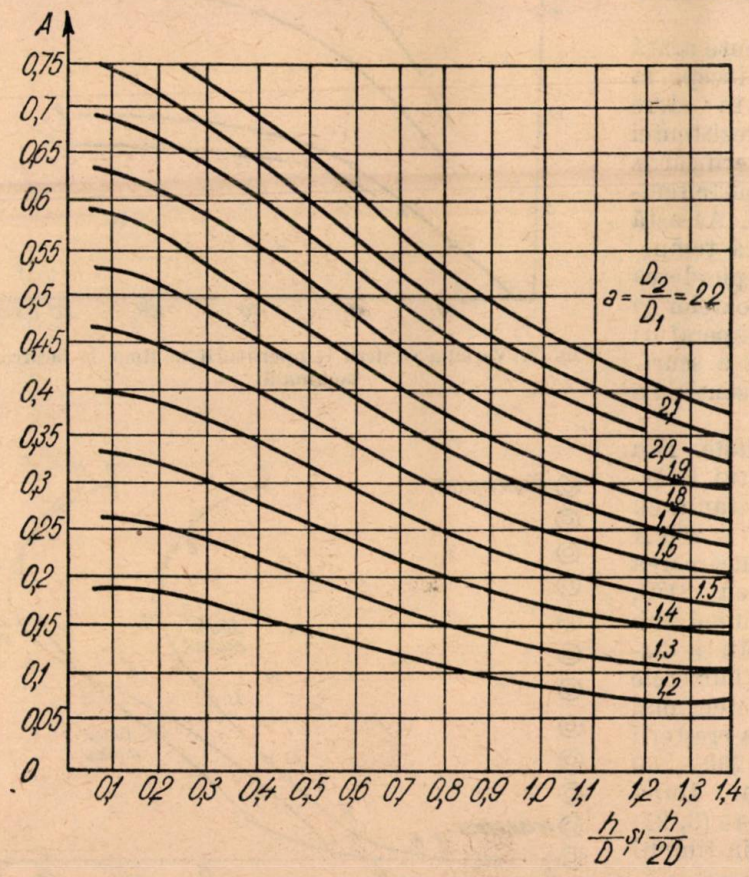


Fig. 4. Diagrama ajutătoare pentru determinarea forțelor care acționează asupra spirelor bobinei.

În situațiile în care nu este încărcată în regim normal la sarcina nominală sau lucrează la o temperatură mai scăzută decît cea nominală, se admite pentru restul timpului de funcționare o oarecare supraîncărcare. Pentru bobinele de reactanță, în acest scop poate fi aplicată legea celor trei procente a lui L. I. Sniţer conform căreia, pentru fiecare procent de scădere a graficului față de sarcina nominală, se poate admite o supraîncărcare de 0,3%. Din recomandațiile existente rezultă că nu se admite o supraîncărcare mai mare de 15% (corespunzătoare unei sarcini de 50%).

Din analiza condițiilor termice şi mecanice a rezultat că punctul cu cea mai ridicată solicitare termică se găseşte pe straturile interioare, iar punctul cu cea mai mare solicitare mecanică se găseşte pe straturile exterioare ale bobinei de reactanță. Din lucrarea [2] reiese că între pierderea procentuală a rezistenței mecanice la încălziri de scurtă durată şi temperatura maximă există pentru aluminiu pur corespondența din tabela 2.

Tabela 2

Pierderea [%]	0	5	20	complet
Temperatura maximă,°C	130	170	210	250

V. V. Usov în urma cercetărilor făcute arată că pierderea rezistenței aluminiului începe la 50°C şi se accentuează la 150°C. Avînd în vedere că la temperatura de 200°C scăderea rezistenței poate atinge 20%, se alege ca limită în verificările conductorului la încălzire în timpul scurtcircuitului staționar temperatura de 180°C. Această alegere este justificată şi de faptul că temperaturi prea ridicate pot conduce la pierderea totală a rezistenței mecanice a conductoarelor şi pentru a evita aceasta se aleg temperaturi care să permită o anumită frecvență a scurtcircuitelor fără a conduce la o obosire esențială a materialului.

4. Verificări experimentale şi rezultate. Din verificările făcute de autor în Institutul Energetic din Moscova pe o bobină de reactanță cu conductoare de aluminiu $U = 6$ kV, $I = 200$ A şi $L = 1{,}41$ mH, s-a determinat că la încărcarea nominală temperatura a crescut cu 21°C, prin urmare temperatura totală rămînînd sub limita aleasă (60°C). În fig. 6 este arătată dispoziția termoelementelor pe bobină (numerele corespund termoelementelor din punctele mai caracteristice) cît şi variația în timp a creşterii temperaturii. Din fig. 7 reiese că după 200—250 min regimul termic devine staționar. După cum s-a arătat mai sus spirele interioare (3, 21, 22) au temperatura cea mai ridicată în timpul funcționării.

În fig. 8 şi 9 este reprezentată distribuirea temperaturii în direcția axială şi radială a unei bobine de reactanță. Creşterea cea mai mare a temperaturii are loc în punctul 21 şi în punctul 4 (fig. 6). Aceasta se explică prin aceea că curenții de aer care se ridică în sus se încălzesc prin contactul cu conductoarele şi cînd ajung la spirele amintite au un efect de răcire foarte scăzut. Din curbele de încălzire (fig. 8, 9) prezentate se poate trage concluzia că aluminiul corespunde din punct de vedere termic. În legătură cu solicitările mecanice, din exemplele analizate a reieşit că so-

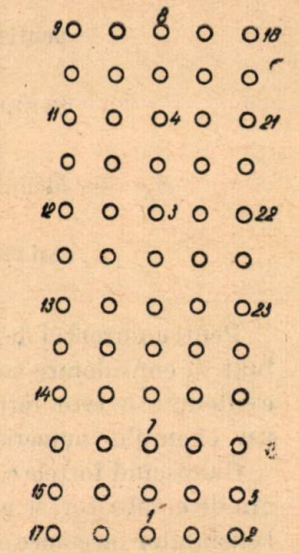


Fig. 6. Dispoziția termoelementelor pe spirele unei bobine de reactanță.

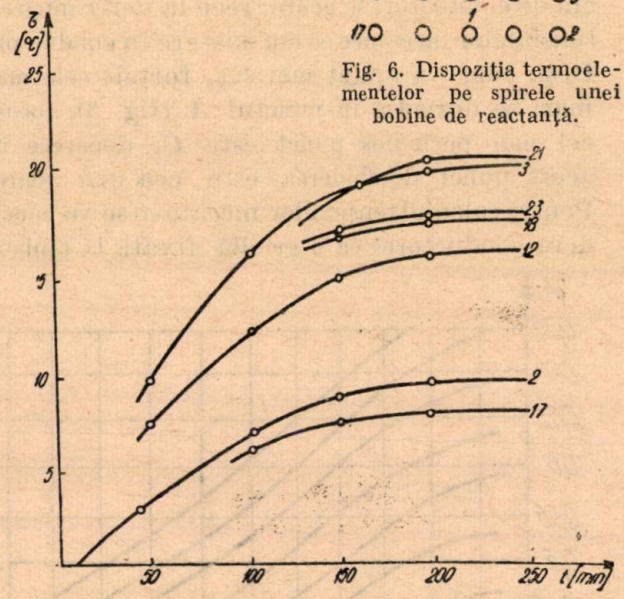


Fig. 7. Variația creşterii temperaturii în timp, la încărcare nominală.

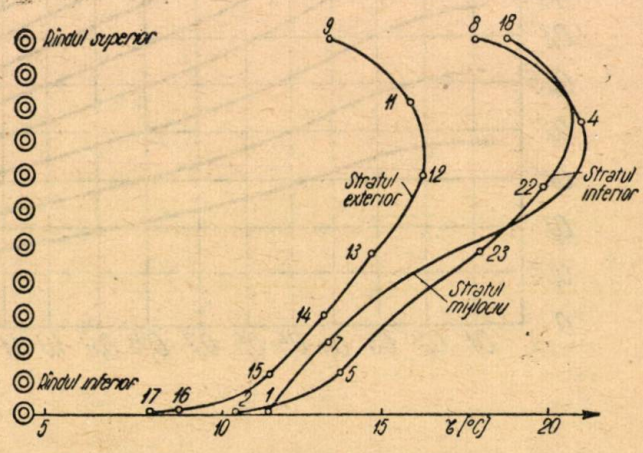


Fig. 8. Distribuirea temperaturii în direcție axială la o bobină cu conductor de aluminiu.

licitările cele mai accentuate sînt sub limita celor admisibile. Prin urmare din analiza regimurilor termice și eforturilor mecanice cărora trebuie să le facă față conductoarele unei bobine de reactanță s-a desprins c înlocuirea cuprului cu aluminiu la bobinele de reactanță poate fi realizată fără nici un prejudiciu pentru exploatare, însă necesitînd foarte multă atenție din partea executanților. În schimb pentru economia națională înseamnă un serios aport la economisirea cuprului.

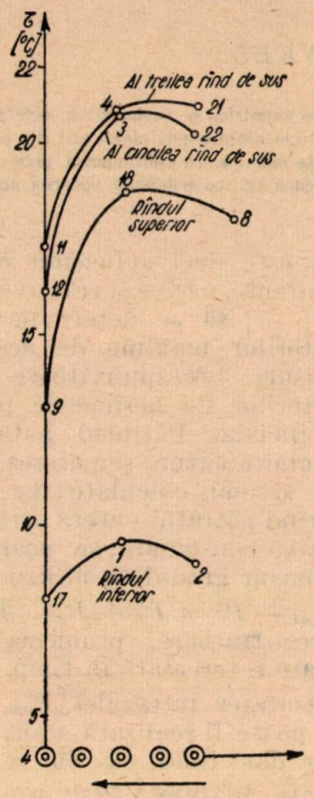


Fig. 9. Distribuirea temperaturii în direcție radială

În ce privește gabaritul, bobinele de reactanță de la tensiunea de 6 kV și avînd curenții nominali de 150, 200, 300, 500, 600 A și bobinele de reactanță de la tensiunea de 10 kV avînd curenții nominali de 150, 200, 300, 500 A și reactanțele $X\% = 4{,}5,\ 6,\ 8,\ 10\%$, au același gabarit ca și bobinele corespunzătoare cu conductoare de cupru. Pentru bobinele de reactanță avînd curenții nominali mai mari de 600 A, uzina Electroputere, pentru a se încadra în gabaritele celor de cupru, a mărit densitatea de curent, ceea ce conduce în regim normal de exploatare la pierderi suplimentare de energie electrică. Luînd însă în considerare că în mod obișnuit aceste bobine se instalează în cuplele longitudinale, creșterea gabaritelor lor nu are urmări simțitoare asupra dimensiunilor celulelor din stațiile de distribuție și, în consecință, trebuie recurs la mărirea gabaritelor și nu a densității de curent.

5. Concluzii. Înlocuirea cuprului cu un metal mai puțin deficitar cum este aluminiul se impune din motive economice. Utilizarea aluminiului în acest scop se poate realizafără schimbări în procesul de producție al bobinelor de reactanță.

În proiectarea bobinelor de reactanță cu conductoare de aluminiu ca temperatură maximă de verificare la scurtcircuit staționar se va alege 180°C, iar ca temperatură medie de exploatare 60—65°C.

Anexă. Exemplu numeric

Determinarea forțelor mecanice. Să se găsească forțele mecanice, care acționează asupra conductorului de cupru al bobinei de reactanță cu următoarele date:

$$I_n = 300\ \text{A};\ X = 3\%;\ U = 11\,000\text{V};\ m = 1;$$

$$D_1 = 43\ \text{cm};$$

$$D_2 = 85\ \text{cm};\ N = 70;\ h = 40{,}5\ \text{cm};\ b = 21\ \text{cm}$$

$$\frac{D_2}{D_1} = 1{,}975;\ \frac{h}{D_1} = 0{,}94;\ \frac{h}{2D_1} = 0{,}47.$$

După curbele din fig. 4 se găsește: $A_h/_2 = 0{,}56 : A_h = 0{,}405$ Făcînd înlocuirile în formulele (5), (6) și (7) se obține:

$$P_A = 5.10^{-3}\,\frac{70}{21}\left(\frac{300}{3}\right)^2 0{,}56 = 95{,}5\ \text{kgf/cm}$$

$$P_B = 6.10^{-3}\,\frac{70}{21}\left(\frac{300}{3}\right)^2 0{,}405 = 81\ \text{kgf/cm}$$

$$P_C = 2{,}8.10^{-3}\,\frac{70}{21}\left(\frac{300}{3}\right)^2 0{,}405 = 37{,}8\ \text{kgf/cm}.$$

Determinarea săgeții și a eforturlui unitar. Folosind datele exemplului precedent se găsește:

$$f_c = \frac{P_{ic}\,l^4}{384\,E} = \frac{37{,}8\ .10^4}{384.1{,}15.10^6\,0{,}05.1{,}5^4} = 2.55.10^{-3}\ \text{cm}$$

Efortul unitar în material va fi:

$$P_{inc} = \frac{P_{ic}\,l^2}{12.0{,}1d^3} = \frac{37{,}8.10^2}{12.0{,}1.1{,}5^3} = 9{,}4\ \text{kgf/mm}^2.$$

Dacă se presupune aceeași bobină de reactanță însă cu un conductor de aluminiu, se obține:

$$f_c = \frac{P_{ic}\,l^4}{384\,E} = \frac{37{,}8.10^4}{384.0{,}63.0{,}05.1{,}5^4} = 4{,}80.10^{-3}\ \text{cm}$$

$$P_{inc} = \frac{P_{ic}\,l^2}{12.0{,}1\ d^3} = \frac{37{,}8.10^2}{12.0{,}1.2^3} = 5{,}23\ \text{kgf/mm}^2$$

Bibliografie

[1] *Butchevici, S. V., Mihailov, V. V.* și *Rotgauz, I. I.*: Reactori. Gosenergoizdat, Moscova, 1933.
[2] *Avramescu, A.* și *Mastero, S.*: Încălzirea la scurtcircuit a conductoarelor de aluminiu. Studii și Cercetări Energetice 3(1953)p. 127—184.
[3] *Mihailov, V. V.*: Rascet i construirovanie vîsocovoltnoi apparaturî. Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad, 1951.
[4] *Zaimovschi, A. S.* și *Usov, V. V.*: Metallisplavî v electrotehnike. Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad, 1949.
[5] *Avramescu, A.*: Beiträge zur Erwärmungsberechnung elektrischer Leiter. Bull. IRE 11 (1943) nr. 3—4, p. 301—412.
[6] Interim raport on overloading current limiting reactors. Electr. Engng (1945) 10.

Măsurarea puterii active maxime şi de nesimetrie în sisteme trifazate

Ing. D. FRĂNKEL

Măsurarea exactă a puterii în sistemele polifazate simetrice şi nesimetrice, echilibrate şi neechilibrate are implicaţii numeroase şi continuă să preocupe electrotehnicienii atît din punct de vedere teoretic cît şi din acel al aparatelor si metodelor de măsură. In continuarea unor altor lucrări în acest domeniu autorul face o analiza a tranziţiilor în care se poate măsura puterea activă maximă în sistemele trifazate.

CZ 621.318.423 ; 621.315.53

În reţele electrice de transport şi distribuţie se pune problema reducerii pierderilor pe reţea la tensiunea de alimentare şi puterea activă dată, sau exprimată altfel, problema măririi puterii active la tensiuni de alimentare şi pierderi pe reţea date. Interesează, deci, expresia puterii active maxime transmisibile la tensiunea de alimentare şi pierderi pe reţea date. În reţele monofazate se ajunge la concluzia [2] că această putere activă maximă se exprimă prin puterea aparentă egală cu : $P_{max} = P_a = \sqrt{P^2 + P_r^2}$. Relaţia este valabilă şi în sisteme trifazate cu tensiuni de linie simetrice şi simetric încărcate, ele putînd fi descompuse în trei sisteme monofazate independente. În ambele cazuri puterea activă transmisă nu poate fi mărită fără mărirea pierderilor şi a tensiunii, decît prin reducerea puterii reactive. Pentru a studia şi îmbunătăţi condiţiile de transmitere a energiei în astfel de sisteme se măsoară puterea aparentă (egală cu puterea maximă), puterea activă şi reactivă respectiv integrala lor în timp adică energiile corespunzătoare.

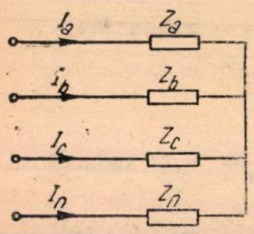


Fig. 1. Sistem trifazat cu conductor neutru.

În sisteme trifazate nesimetrice (sisteme ce se întîlnesc des în deosebi la alimentarea întreprinderilor care folosesc cuptoare electrice sau sudură electrică în tracţiune etc.), se ajunge la altă concluzie. În lucrările lui L. S. Lurie [1], [3], [4] şi [5] şi Pl. Andronescu [2] se demonstrează că în expresia pătratului puterii active maxime transmisibile la tensiuni de linie şi pierderi pe reţea date, apare pe lîngă suma pătratelor puterilor active şi reactive şi un al treilea termen aditiv, pătratul unei mărimi denumită putere de nesimetrie : $P_{max}^2 = P^2 + P_r^2 + P_{nes}^2$. Deci, fără a modifica tensiunile de linie şi pierderile pe reţea, puterea activă poate fi mărită nu numai prin reducerea puterii reactive dar şi prin reducerea puterii de nesimetrie.

Pentru a studia şi îmbunătăţi condiţiile de transmitere a energiei în astfel de regimuri nu este deci suficientă cunoaşterea puterilor aparente, active şi reactive. L. S. Lurie propune [3] [5] să se determine prin calcul valorile puterilor maxime de nesimetrie şi să se ia măsuri corespunzătoare pentru reducerea puterilor de nesimetrie pe cale naturală sau artificială. Pătratul puterii maxime, iar în anumite cazuri şi puterea de nesimetrie, pot fi nu numai calculate dar şi măsurate. Măsurînd pătratul puterii active maxime şi puterea activă consumată, se poate aprecia în fiecare moment gradul de utilizare al reţelei, deoarece $P_{max}^2 - P^2 = P_r^2 + P_{nes}^2$. Dacă aparatele sînt înregistratoare, problema poate fi cercetată în timp. Măsurarea integralei $\int P_{max}^2 \, dt$ poate fi realizată uşor, dar dat fiind că nu se poate măsura $\int P^2 \, dt$ are sens numai pentru a compara cu ea $\int P_{nes}^2 \, dt$ măsurabilă şi ea. Măsurînd puterea de nesimetrie se poate stabili un criteriu economic pentru a determina cazurile în care este indicată echilibrarea naturală sau artificială a încărcării şi se poate urmări direct efectele acestei echilibrări. Dacă instrumentul este înregistrator sau dacă se măsoară $\int P_{nes}^2 \, dt$, problema poate fi cercetată în timp.

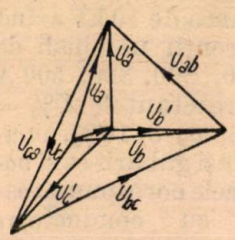


Fig. 2. Diagrama valorilor efective la un sistem trifazat cu conductor neutru.

În cele ce urmează, după ce se dă expresia puterii active maxime şi a puterii de nesimetrie, se indică metoda de măsurare a lor.

Expresia puterii active maxime si a puterii de nesimetriei. Se demonstrează [1] că puterea activă este maximă, la valoarea dată a pierderilor pe linie şi la tensiuni de linie date, în cazul unei anumite încărcări ohmice simetrice r şi are expresia :

$$P_{max} = (I_a'^2 + I_b'^2 + I_c'^2)r = (U_a'^2 + U_b'^2 + U_c'^2)\frac{1}{r} =$$

$$= \sqrt{(I_a'^2 + I_b'^2 + I_c'^2)(U_a'^2 + U_b'^2 + U_c'^2)} =$$

$$= \sqrt{(U_a'^2 + U_b'^2 + U_c'^2)(I_a^2 + I_b^2 + I_c^2 + \gamma^2 I_n^2)}$$

deci valoarea rezistenţei : $r = \sqrt{\dfrac{U_a'^2 + U_b'^2 + U_c'^2}{I_a^2 + I_b^2 + I_c^2 + \gamma^2 I_n^2}}$

în care:

U'_a, U'_b, U'_c sînt tensiunile de fază corespunzătoare încărcării simetrice, dirijate după medianele triunghiului tensiunilor de linie (fig. 2) și sînt constante la tensiunile de linie date;

I'_a, I'_b, I'_c sînt curenții de fază corespunzători încărcării ohmice simetrice;

I_a, I_b, I_c și I_n sînt curenții de linie și curentul din conductorul neutru la orice încărcare pentru care pierderile pe linie au valoarea dată: $(I'^2_a + I'^2_b + I'^2_c)\,R = (I^2_a + I^2_b + I^2_c + \gamma^2 I^2_n)\,R =$ const. γ^2 este raportul rezistenței conductorului neutru R_n prin rezistența conductorului de fază R presupus același pentru cele trei faze:

$$\gamma^2 = \frac{R_n}{R}.$$

De asemenea se demonstrează [1], că puterea de nesimetrie are în funcție de componentele simetrice ale tensiunilor de fază: U_1, U_2, U_0 și ale curenților de fază: I_1, I_2, I_0 expresia:

$$P_{nes} = 3\sqrt{U_1^2 I_2^2 + U_2^2 I_1^2 - U_0^2 I_0^2 + I_0^2 (U_1^2 + U_2^2)(1 + 3\gamma^2) - 2\sum_{\substack{\nu=1 \\ \mu=1}}^{\substack{\mu=3 \\ \nu=3}} U_\nu U_\mu I_\nu I_\mu \cos(\varphi_\nu - \varphi_\mu)}.$$

Dacă sistemul trifazat este cu trei conductoare ($I_0 = 0$) și tensiunile de linie sînt simetrice ($U_2 = 0$) expresia puterii de nesimetrie se simplifică: $P_{nes} = 3U_1 I_2$.

Măsurarea puterii active maxime. Pătratul puterii maxime [6]:

$$P^2_{max} = (U'^2_a + U'^2_b + U'^2_c)(I^2_a + I^2_b + I^2_c + \gamma^2 I^2_n) = A^2 (I^2_a + I^2_b + I^2_c + \gamma^2 I^2_n)$$

poate fi măsurat în cazul cel mai general al sistemului trifazat cu conductor neutru, la simetrie totală, dacă tensiunile nesimetrice sînt

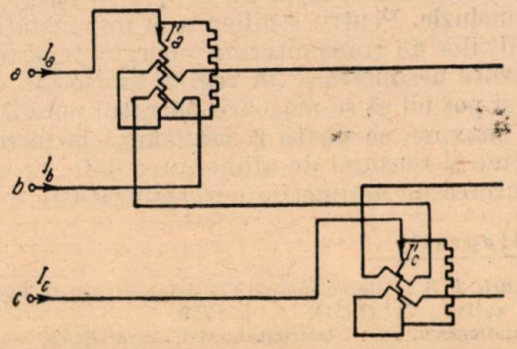


Fig. 3. Schemă pentru măsurarea pătratului puterii maxime.

cunoscute și constante, cu 4 ampermetre etalonate pentru pătratul curentului, cu care se măsoară: I^2_a, I^2_b, I^2_c, I^2_n și se însumează indicațiile aparatelor. Dacă sistemul este fără conductor neutru se folosesc 3 ampermetre. Constanta A^2 nu este aceeași în diferitele puncte din lungul rețelei, fiind funcție de căderile de tensiune pe linie. Variația căderii de tensiune cu timpul determină variația în timp și a factorului A^2 de care nu se poate ține seama la măsurători și care conduce la o eroare sistematică.

În absența conductorului neutru pătratul puterii maxime poate fi măsurat și cu ajutorul a două wattmetre electrodinamice sau a unui wattmetru electrodinamic cu două sisteme de măsurare. Într-adevăr trebuie măsurată [1]:

$$P^2_{max} = A^2 (I^2_a + I^2_b + I^2_c) = A^2\, 3\,(I^2_1 + I^2_2) =$$
$$= A^2\, \Re_e (\dot I_a \dot I^*_a + \dot I_b \dot I^*_b + \dot I_c \dot I^*_c) =$$
$$= A^2\, \Re_e [(\dot I_a - \dot I_b)\dot I^*_a + (\dot I_c - \dot I_b)\dot I^*_c]$$

deoarece: $\dot I^*_a + \dot I^*_b + \dot I^*_c = 0$.

Trecînd prin bobina de curent a unui wattmetru diferența curenților $\dot I_a$ și $\dot I_b$ realizată prin transformatoare de curent sau prin două înfășurări serie, iar prin bobina de tensiune șuntată corespunzător, curentul $\dot I_a$, wattmetrul măsoară: $\Re_e (\dot I_a - \dot I_b)\dot I^*_a$. Un al doilea wattmetru alimentat cu $\dot I_c - \dot I_b$ respectiv $\dot I_c$ măsoară: $\Re_e (\dot I_c - \dot I_b)\dot I^*_c$. Ținînd seama de relația $\dot I_a + \dot I_b + \dot I_c = 0$ se mai obține: $P^2_{max} = A^2\, \Re_e [(2\dot I_a + \dot I_c)\dot I^* + (2\dot I_c + \dot I_a)\dot I^*_c]$ ceea ce poate fi realizat cu wattmetre cu înfășurări serie divizate, una din înfășurări avînd un număr dublu de spire, sau cu transformatoare de curent. Integrala $\int P^2_{max}\,dt$ poate fi măsurată analog, cu contoare pentru măsurarea integralei $\int I^2\,dt$ în locul ampermetrelor, respectiv cu contoare de inducție de energie reactivă, în locul wattmetrelor.

Măsurarea puterii de nesimetrie. Măsurarea puterii de nesimetrie se poate realiza ușor în cazul sistemului trifazat cu trei conductoare și tensiuni de linie simetrice, cînd aceasta este proporțional cu componenta inversă a curentului cu ajutorul unui filtru pentru componenta inversă a curentului și a unui ampermetru.

Poate fi utilizat filtrul cel mai simplu (fig. 4):

$$\dot I_{ca}\dot Z_{ca} + \dot I_{ab}\dot Z_{ab} + \dot I_{bc}\dot Z_{bc} = 0$$
$$\dot I_a + \dot I_{ca} = \dot I_{ab}$$
$$\dot I_c + \dot I_{ca} = \dot I_{bc}$$
$$\dot I_{ca} = -\frac{\dot I_a \dot Z_{ab} + \dot I_c \dot Z_{bc}}{\dot Z_{ab} + \dot Z_{bc} + \dot Z_{ca}}$$

[1]) Cu * se notează conjugata complexă a mărimii, iar cu $\Re_e$ partea reală a expresiei complexe.

Dar :

$$\dot{I}_a = \dot{I}_1 + \dot{I}_2$$

$$\dot{I}_c = a\dot{I}_1 + a^2\dot{I}_2$$

$$\dot{I}_{ca} = -\frac{\dot{I}_1(Z_{ab} + aZ_{bc}) + \dot{I}_2(Z_{ab} + a^2 Z_{bc})}{Z_{ab} + Z_{bc} + Z_{ca}} \quad (a)$$

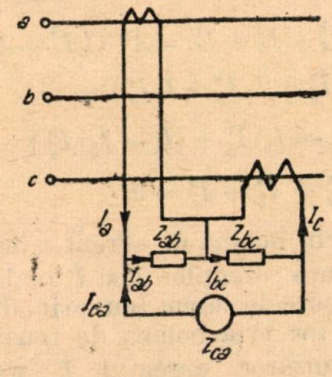


Fig. 4. Schema filtrului pentru componenta inversă a curentului.

fie

$$Z_{ab} + aZ_{bc} = 0$$

$$\dot{I}_{ca} = -\dot{I}_1 \frac{Z_{ab} + a^2 Z_{bc}}{Z_{ab} + Z_{bc} + Z_{ca}}$$

dacă alegem $Z_{ab} = r$, rezultă : $Z_{bc} = r\left(\frac{1}{2} + \right.$ $\left. + \mathrm{j}\frac{\sqrt{3}}{2}\right)$ şi filtrul se compune din două rezistenţe ohmice şi o inductivitate.

Reactanţa poate fi o bobină cu miez de fier avînd un întrefier destul de mare pentru ca inductivitatea ei să fie independentă de curent.

Ampermetrul poate fi etalonat pentru componenta inversă a curentului, sau dacă U_1 se menţine constant, direct pentru puterea de nesimetrie.

Precizia măsurătorilor este funcţie de execuţia corectă a impedanţelor, clasa de precizie a transformatoarelor de curent şi a ampermetrului.

Un dezavantaj al metodei de măsurare propuse este marea ei sensibilitate la variaţia de frecvenţă. Dacă frecvenţa variază cu $\varepsilon = \frac{f' - f}{f} 100$ impedanţa Z_{bc} devine Z'_{bc}

$$Z'_{bc} = Z_{bc} \pm \mathrm{j}\frac{\sqrt{3}}{2} r \frac{\varepsilon}{100} \text{ şi } Z_{ab} + aZ'_{bc} = \pm \mathrm{j}a\frac{\sqrt{3}}{2} r\frac{\varepsilon}{100}.$$

Se înlocuieşte în expresia (a) Z_{bc} cu Z'_{bc} neglijînd variaţia factorului lui $\dot{I}_2$ — deoarece $I_2 \ll I_1$ precum şi a numitorului, — deoarece variaţia lui este sub $\frac{\varepsilon}{2}\%$ şi admiţînd cazul cel mai defavorabil cînd $\dot{I}_1$ este în fază cu $\dot{I}_2$:

$$\frac{I'_{ca}}{I_{ca}} = 1 \pm \frac{\varepsilon}{\varepsilon_i}$$

unde

$$\varepsilon_i = \frac{I_2}{I_1} 100.$$

Dacă ε este $\pm 1\%$ pentru $\varepsilon_i > 10\%$ eroarea se menţine sub 5%. De aceea, în deosebi la valori relativ mici ale componentei inverse a curentului, măsurătorile trebuie efectuate la frecvenţe cît mai apropiate de cea nominală, pentru care a fost dimensionat filtrul.

Pătratul puterii de nesimetrie se mai poate măsura şi în felul următor :

Prin metoda celor două wattmetre se măsoară : $M_1 = K_1\ 3\ (I_1^2 + I_2^2)$.

Un wattmetru cu inducţie cu două bobine de curent prin care trece curentul I_a respectiv I_bm ăsoară [2]) : $M_2 = \Im_m \dot{I}_a \dot{I}_b^* = K_2 \frac{\sqrt{3}}{2}(I_1^2 - I_2^2)$ (fig. 5).

Etalonînd potrivit instrumentele ele indică

$$M'_1 = I_1^2 + I_2^2 \text{ şi } M'_2 = I_1^2 - I_2^2,$$

deci : $M'_1 - M'_2 = 2I_2^2$.

A doua metodă este interesantă îndeosebi pentru măsurarea $\int P_{nes}^2\, dt$ cu ajutorul unor contoare de inducţie. Pentru a înlătura erorile rezultate din efectuarea diferenţei indicaţiilor

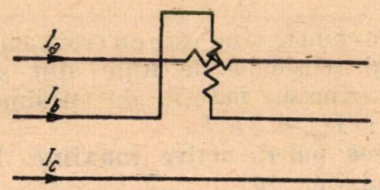


Fig. 5. Schemă pentru măsurarea expresiei $I_1^2 - I_2^2$.

citite, poate fi folosit un contor cu inducţie special cu trei sisteme de măsură, două din ele servind pentru măsurarea lui $\int(I_1^2 + I_2^2)\, dt$ iar unul pentru măsurarea lui $-\int(I_1^2 - I_2^2)\, dt$.

Concluzie. Pentru studierea şi îmbunătăţirea condiţiilor de transmitere a energiei în sisteme trifazate nesimetrice, în regim sinusoidal, este util şi posibil să se măsoare pătratul puterii active maxime ce poate fi transmisă la pierderi pe linie şi tensiuni de alimentare date, precum şi puterea de nesimetrie corespunzătoare.

Bibliografie

[1] *Lurie, L. S.* : Puterea aparentă în sisteme trifazate, Electricestvo, 71 (1951), 1, p. 4759

[2] *Andronescu, Pl.* : Electricitate şi Electrotehnică, vol. II, Ed. Inst. Politehnic Timişoara , 1953.

[3] *Lurie, L. S.* : Factorul de putere la încărcarea nesimetrică a sistemului trifazat. Electricestvo, 72(1952) p. 52—58

[4] *Lurie, L. S.* : Despre puterea reactivă şi aparentă a sistemelor trifazate încărcate nesimetric. Energheticeschi Biuletin (1952) 2, p. 18—25

[5] *Lurie, L. S.* : Determinarea creşterii puterii active în sisteme trifazate la încărcarea nesimetrică, Energheticeschie Biuletin (1952) 8, p. 22—27

[6] *Neiman-Kalantarov L. R.* : Bazele teoretice ale electrotehnicii, vol. II, Gosenergoizdat, Moscova, 1954.

[2]) Prin $\Im_m$ se notează partea imaginară a expresiei complexe.

DISCUȚII

Observații la articolul: „Asupra calculului puterii în curent alternativ cu ajutorul cantităților complexe"

C Z 538.551.4 : 511.24

Afirmația autorului articolului de a considera puterea aparentă S ca o putere absorbită de un circuit electric, nu este exactă deoarece puterea absorbită de circuit, sub aspectul energetic, nu poate fi decît puterea electromagnetică momentană *ui*.

De asemenea expresia puterii aparente pe care o prezintă autorul articolului în forma:

$$\bar{S} = P \pm jQ$$

deoarece

$$\bar{S} = P + jQ = \mathcal{U}\mathcal{I}^* = \mathcal{U}\mathcal{I}^* \frac{\mathcal{I}}{\mathcal{I}} = I^2 z$$

precum și

$$\bar{S} = P - jQ = \mathcal{U}^*\mathcal{I} = \mathcal{U}^*\mathcal{I} \frac{\mathcal{U}}{\mathcal{U}} = U^2 y$$

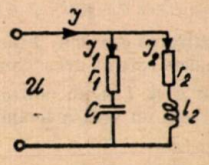


Fig. 1

reprezintă două forme distincte de exprimare a puterii aparente, ce nu pot fi amestecate între ele într-un calcul puterilor. Sau una sau cealaltă poate fi adoptată ca expresie a puterii aparente.

În exemplul circuitelor din fig. 1, dacă se folosește puterea aparentă în forma:

$$\bar{S} = P - jQ = \mathcal{U}^*\mathcal{I} = U^2 y$$

se obține pentru propunerea aparentă totală a celor două circuite în paralel:

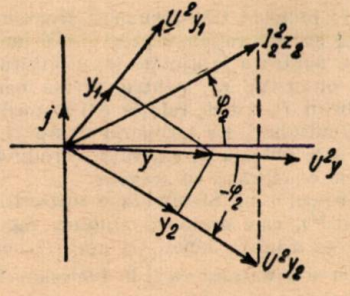


Fig. 2

$$\bar{S} = \bar{S}_1 + \bar{S}_2 = U^2 (y_1 + y_2) = U^2 y.$$

Fig. 2 reprezintă puterile aparentă ale celor două circuite electrice date, iar y admitanța echivalentă.

Altfel s-ar fi obținut puterea aparentă totală în forma:

$$\bar{S} = \bar{S}_1 + \bar{S}_2 = U^2 y_1 + I_2^2 z_2$$

ceea ce nu corespunde realității deoarece $I_2^3 z_2$ nu exprimă $U^2 y_2$.

Din fig. 2 se constată deosebirea dintre $I_2^2 z_2$ și $U^2 y_2$. Tot așa de bine s-ar fi putut folosi expresia puterii aparente în forma:

$$\bar{S} = P + jQ = I^2 z.$$

În exemplul luat puterea aparentă totală devine:

$$\bar{S} = I_1^2 z_1 + I_2^2 z_2 = I^2 z$$

de unde se deduc:

$$I_1^2 r_1 + I_2^2 r_2 = I^2 r$$

$$I_1^2 x_1 + I_2^2 x_2 = I^2 x$$

sau:

$$U^2 \left(\frac{r_1}{z_1^2} + \frac{r_2}{z_2^2} \right) = U^2 \frac{r}{z^2} \qquad U^2 \left(\frac{x_1}{z_1^2} + \frac{x_2}{z_2^2} \right) = U^2 \frac{x}{z^2}$$

relații cunoscute pentru determinarea conductanței și a susceptanței circuitului echivalent.

Este de remarcat că puterea reactivă $Q = UI \sin \varphi$ în sine poate fi pozitivă sau negativă după cum $\varphi > 0$ (încărcare inductivă) sau $\varphi < 0$ (încărcare capacitivă).

Ca urmare este necorespunzătoare următoarea regulă formulată de autorul arzicolului:

„Cînd circuitul electric este inductiv se înmulțește vectorul tensiunii cu vectorul conjugat al tensiunii cu vectorul conjugat al curentului, iar cînd ciruitul este capacitiv se înmulțește vectorul conjugat al tensiunii cu vectorul curentului".

Autorul articolului continuă: „Unii autori afirmă că procedeul de calcul evidențiat prin regula de mai sus nu este justificat și reprezintă partea slabă a calculului cu cantități complexe".

Adevărul este că mai de grabă regula de mai sus nu poate fi justificată.

Atunci cînd autorul articolului încearcă să demonstreze această regulă, nu ține seamă că puterea reactivă Q în sine poate fi pozitivă sau negativă după cum și φ în sine poate fi pozitiv sau negativ.

Dat fiind că autorul introduce pe φ o dată cu semnul plus, altă dată cu semnul minus, ajunge la cele două relații pentru puterea aparentă:

$$\bar{S} = UIe^{j\varphi} = P + jQ$$

$$\bar{S} = UIe^{-j\varphi} = P - jQ$$

care după cum s-a relevat, sînt două relații distincte pentru exprimarea puterii aparente.

În literatură se folosește azi puterea aparentă în forma:

$$\bar{S} = P - jQ$$

astfel că $P + jQ$ reprezintă conjugata puterii aparente.

Sîntem de acord cu afirmația autorului că metoda complexă reprezintă un prețios instrument matematic, însă cu condiția ca să fie mînuit corect.

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU

Răspuns

1. Calculul circuitelor electrice în curent alternativ este mai dificil decît în curent continuu deoarece, în afară de valoarea mărimii însăși, mai intervine în calcule și defazajul pe care această mărime îl are față de o origine de fază sau față de o altă mărime. Această dificultate apare chiar în

[1]) Conf. dr. ing. I. S. Antoniu: Electricitatea 3(1952) 6, p. 34.

cazul cînd problema se studiază în cazul particular al regimului sinosoidal. Pentru evitarea ei încă de la început au fost căutate mijloace de investigații folosind diverse instrumente matematice. Astfel, s-a utilizat calculul grafic, ca o consecință a extinderii reprezentării lui Fresnel la mărimile alternative sinusoidale din electrotehnică, calculul vectorial obișnuit etc. În 1893, prof. A. E. Kennelly [2]) a arătat că „orice combinație de rezistențe, inductanțe fără fier și capacități străbătute de curenți alternativi sinusoidali, poate fi studiată ca în cazul curentului continuu, dacă se consideră inductanțele ca rezistențe de forma $pl\sqrt{-1}$, capacitățile ca rezistențe de forma $-\frac{1}{pk}\sqrt{-1}$, calculul algebric fiind efectuat în conformitate cu regulile de calcul ale cantităților complexe".

Cam în același timp, C. P. Steinmetz [3]) prezintă metoda generală de calcul a circuitelor în curent alternativ cu ajutorul cantităților complexe, folosind pentru tensiuni și curenți

$$E = e_1 - je_2$$
$$I = i_1 - ji_2$$
$$R_a = R - j\omega L$$

etc. reluînd astfel vechea notație folosită de H. Helmholtz [4]) în expunerea unor chestiuni de electricitate. Helmholz folosește notația $R + j\omega L$ pentru a exprima „rezistența aparentă" care se opune curentului alternativ. El o consideră ca *un operator.*

Metoda Kennelly-Steinmetz a fost mult discutată la timpul său, unii autori chiar contestînd utilitatea ei [5]). Ea totuși s-a impus și a fost mereu perfecționată, stabilindu-se sensul exact al mărimii complexe $\sqrt{-1}$, care este operatorul j de rotație cu 90° în sensul trigonometric și folosindu-se vectorii plani de timp, care, *asociați* funcțiilor periodice sinusoidale, permit rezolvarea oricărei probleme de curent alternativ prin metodele simple de calcul folosite în problemele de curent continuu [6]).

Metoda dă rezultate exacte în toate problemele care apar în curentul alternativ cu excepția aceleia în care intervine calculul puterii active. În adevăr, dacă se încearcă să se calculeze puterea activă ca în curent continuu, adică înmulțind direct între ei vectorii asociați tensiunii și curentului, nu se obține această putere, ci ceea ce se numește puterea fluctuantă, după cum rezultă imediat din calculul de mai jos. Dacă

$$\overline{U} = U\,\underline{|\,\omega t + \alpha} \qquad (1)$$

este vectorul asociat tensiunii alternative sinusoidale

$$u = U\sqrt{2}\cos(\omega t + \alpha) \qquad (2)$$

și

$$\overline{I} = I\,\underline{|\,\omega t + \beta} \qquad 3)$$

este vectorul asociat curentului alternativ sinusoidal

$$i = I\sqrt{2}\cos(\omega t + \beta), \qquad (4)$$

produsul expresiilor (1) și (3) dă

$$\overline{U}.\overline{I} = U\,I\,\underline{|\,2\omega t + \alpha + \beta} \qquad (5)$$

a cărei valoare instantanee este

$$p_f = 2UI\cos(2\omega t + \alpha + \beta),$$

adică puterea fluctuantă.

Toți autorii care expun această metodă de calcul consideră acest rezultat ca o defecțiune a metodei, iar autorii ei — Kennelly și Steinmetz — nici nu o pomenesc [7]). F. Guilbert [8]) propune pentru calculul puterii active, să se ia modulul produsului $\overline{U}\cdot\overline{I}$ [9]), ceea ce nu dă rezultate exacte decît în anumite cazuri particulare, după cum se poate verifica ușor. Regula de calcul pe care o utilizăm și astăzi a fost dată de P. Janet [10]) care o enunță în felul următor: „Atunci cînd avem o forță electromotoare și o intensitate exprimate sub forma de imaginare, pentru a găsi puterea corespunzătoare, se schimbă i în $-i$, în una sau în cealaltă dintre aceste expresii (după plac); se face produsul; partea reală a acestui produs reprezintă puterea căutată" [11]).

Abia după 6 ani de la elaborarea metodei cantităților complexe, Steinmetz dă o regulă de calcul a puterii active, care este lipsită de o bază matematică și nici din punct de vedere fizic nu are vre-un sens. [12]) „Fie un circuit la bornele căruia este aplicată tensiunea.

$$\overline{E} = e - je'$$

producînd curentul

$$\overline{I} = i - ji',$$

în care $j = \sqrt{-1}$.

Produsul

$$\overline{E}\cdot\overline{I} = ei - e'i' - j(ei' + e'i) \qquad (6)$$

nu este puterea și justificarea cea mai bună care se poate da inexactității acestui calcul este că acest produs este un vector de aceeași frecvență cu $\overline{E}$ și $\overline{I}$ și, în consecință, nu poate reprezenta o putere care este un vector avînd o frecvență dublă aceleia lui $\overline{E}$ și $\overline{I}$. [13])

Algebric se poate scrie:

$$\overline{E}\cdot\overline{I} = (e - je')\ (i - ji') = ei + j^2e'i' - (je'j + eji') \qquad (7)$$

cum $j^2 = -1$ corespunde unei rotații de 180° a lui $\overline{E}$ și $\overline{I}$, $j^2 = 1$ trebuie să corespundă, dacă se dublează frecvența, la o rotație de 360° și trebuie să avem:

$$j^2 = +1$$
$$j \times 1 = -1$$
$$1 \times j = +1.$$

Substituind în relația (7) se obține:

$$P = [\overline{E}\cdot\overline{I}] = ei + e'i' - j(e'i - ei') \qquad (8)$$

simbolul $[\overline{E}\cdot\overline{I}]$ indicînd transformarea frecvenței".

Se vede ușor că, atît raționamentul cît și modul de calcul au fost forțate pentru a se ajunge la rezultatul dorit.

Trebuie să observăm că, pentru prima oară Steinmetz arată că produsul P, dat de relația (8) reprezintă „puterea aparentă a circuitului", iar termenul complex, puterea dewattată, care este puterea de excitație, produsă de tensiune prin curentul în cuadratură cu aceasta.

Metoda de calcul a lui Steinmetz a fost criticată de către C. F. Guilbert [14]), care arată că singura regulă de calcul exactă este aceea a lui P. Janet. Cu această ocazie Guilbert arată că „Puterea dewattată va fi în întîrziere față de $\overline{E}$ sau în avans față de $\overline{I}$, sau încă *furnizată de sursa de energie* [15]) dacă

$$[\overline{E}\cdot\overline{I}]\sqrt{-1} > 0$$

și dimpotrivă, *furnizată de aparatul receptor* dacă

$$[\overline{E}\cdot\overline{I}]\sqrt{-1} < 0.$$

După cunoștința noastră, este prima oară cînd se dă o justificare a sensului puterii reactive, justificare corectă și

---

[2]) *A. E. Kennelly*: Trans. A. I. E.E., Vol. X. (Aprilie 1893). p. 175 — 216.
[3]) *C. P. Steinmetz*: Proc. Inst. Elec. Congres. Chicago, (august, 1893), pag. 33 — 74.
[4]) *H. Helmholtz*: Ann. Phys. u. Chem. t. 50. (1878) pag. 448
[5]) *C. F. Guilbert*: L'Eclairage Electrique. t. 14 (1898). pag. 69 — 70
[6]) *I. S. Antoniu*: Chestiuni speciale de electrotehnică; Ed. Academiei R.P.R., București, 1956 pag. 26 — 27.
[7]) *C. F. Guilbert*, La Lumière Electrique, t. 22 (1900), p. 361 — 370.
[8]) *C.F. Guilbert*, La Lumière Electrique, t. 50, (1893), p. 451 — 458 și 554 — 563.
[9]) Utilizez în expunerea de față notațiile actuale, recomandate de STAS 3087-52 și nu pe acelea ale autorilor respectivi.
[10]) *P. Janet*, L'Eclairage Electrique, t. 13 (1897) p. 529 — 531.
[11]) Partea imaginară a acestui produs nu interesa la acea epocă, noțiunea de *putere reactivă* nefiind încă precizată.
[12]) *C. P. Steinmetz*: Trans. A.I.E.E. t. 16 (1899) p. 289.
[13]) Afirmația este inexactă, deoarece relația (6) are frecvența dublă, după cum se poate vedea din relația (5), iar puterea activă este un scalar și deci frecvența sa este nulă (Vezi I. S. Antoniu, pag. 41).

care corespunde vederilor actuale, după cum se va vedea din cele ce urmează. Regula lui Janet s-a păstrat pînă astăzi şi este dată. ca şi atunci, fără o justificare de toţi autorii de manuale sau tratate de electrotehnică, unii recomandînd produsul $U\ I^*$, alţii produsul U^*I [16]).

Am făcut această introducere istorică, destul de lungă, pentru a scoate în evidenţă modul cum a fost şi este privită chestiunea calculului puterii în metoda cantităţilor complexe. Nota publicată de mine nu a avut alt scop decît să aducă o modestă contribuţie la justificarea regulii lui Janet, justificare pe care n-am întîlnit-o pînă acum nicăeri în literatura pe care am avut-o la îndemînă.

2. Ca şi într-o notă anterioară [17]), prof. Andronescu îmi atribuie intenţii pe care nu le-am avut şi care, de altfel, nici nu rezultă din cele publicate de mine. Nimeni nu contestă că mărimea fizică reală care reprezintă puterea absorbită de circuit este puterea instantanee *ui* [18]) În nota mea însă, m-am ocupat numai de utilizarea cantităţilor complexe şi în această situaţie, puterea absorbită de circuitul electric este S, mărimile instantanee n-au ce căuta în acest caz.

În ceea ce priveşte scrierea puterii aparente, absorbită de circuit sub forma

$$\overline{S} = P \pm jQ, \tag{9}$$

cu menţiunea pe care am făcut-o că semnul + corespunde unui circuit inductiv şi semnul − corespunde unui circuit capacitiv este corectă. Relaţia dublă (9) nu reprezintă două forme distincte de exprimare a puterii aparente, aşa cum afirmă prof. Andronescu ; ea poate fi obţinută atît din relaţia

$$\overline{S} = \overline{U}\cdot\overline{I}^* \tag{10}$$

cît şi din relaţia

$$\overline{S} = \overline{U}^*\cdot\overline{I} \tag{11}$$

aceste două relaţii fiind, în adevăr, două forme distincte de exprimare a puterii aparente. Distincţia între cele două forme este totuşi pur formală şi de natură convenţională, totul depinzînd de sensul care se dă semnelor lui P şi Q, prin aceste semne înţelegîndu-se *sensurile de circulaţie* a puterilor respective.

Pentru puterea activă, acordul este unanim considerînd că *semnul pozitiv* este acela al circulaţiei acestei puteri *de la generator spre receptor*. Un generator *produce* o putere activă *pozitivă* şi *primeşte* o putere activă *negativă* ; invers, un receptor *primeşte* o putere *pozitivă* şi *produce* o putere activă *negativă* [19]). Această convenţie poate fi redată în următoarea schemă :

	Generator	*Receptor*
Produs	+	−
Primit	−	+

Pentru puterea reactivă, stabilirea convenţiei a fost mai dificilă şi discuţiile au fost purtate mulţi ani, deşi încă de la început C. F. Guilbert stabilise sensul de circulaţie a puterii reactive, corespunzînd vederilor actuale [20]).

Dacă se adoptă ca *pozitiv* sensul puterii reactive *primită* de o inductanţă (sau de un receptor inductiv), atunci puterea reactivă primită de un generator de putere reactivă (sau de un receptor capacitiv) este *negativă*. În acest caz, pentru calculul puterii aparente se utilizează relaţia (10), obţinîndu-se.

$$\overline{S} = \overline{U}\cdot\overline{I}^* = P \pm jQ \tag{12}$$

Astfel, aplicînd relaţia (12) şi ţinînd seama de schema semnelor puterea complexă *produsă* de un *generator sincron* supraexcitat se va scrie $P + jQ$, iar aceea *produsă* de un *generator sincron* subexcitat, se va scrie $P - jQ$; în acest caz generatorul sincron subexcitat este *receptor de putere reactivă*.

Dacă se adoptă ca *pozitiv* sensul puterii reactive primită de un *receptor capacitiv* (sau de un generator de putere reactivă, atunci puterea *primită* de un *receptor inductiv* este *negativă*. În acest caz, pentru calculul puterii aparente se utilizează relaţia (11) obţinîndu-se [21]).

$$\overline{S}_1 = \overline{U}^*\cdot\overline{I} = P \pm jQ_1. \tag{13}$$

Este evident că între elementele relaţiilor (12) şi (13) există următoarele relaţii de legătură :

$$P \equiv P \quad |\overline{S}| \equiv |\overline{S}_1| \quad Q = -Q_1.$$

Contrar celor afirmate de prof. Andronescu, literatura foloseşte astăzi în marea ei majoritate, puterea aparentă în forma dată de relaţia (10), a cărei expresie în cazul receptorului inductiv este

$$\overline{S} = \overline{U}\cdot\overline{I}^* = P + jQ.$$

Atribuirea semnului + puterii reactive *primită* de un *receptor inductiv* este logică şi are o bază ştiinţifică. În adevăr se ştie că puterea reactivă este definită de relaţia energetică

$$Q = 2\,\omega\,(W_m - W_e)$$

în care

$$W_m = \frac{1}{2} LI^2$$

este energia medie a cîmpului magnetic din vecinătatea circuitului respectiv,

$$W_e = \frac{1}{2} CU^2$$

este energia medie a cîmpului electric din acelaşi spaţiu [21]) Ori, din această relaţie se vede că, dacă sistemul este pur inductiv, cîmp electric nu există, deci $W_e = 0$ şi semnul puterii reactive este plus, mărimea

$$W_m = \frac{1}{2} LI^2$$

fiind pozitivă, invers, dacă sistemul este pur capacitiv, nu există cîmp magnetic, deci $W_m = 0$ şi atunci semnul puteri reactive este minus, mărimea

$$W_e = \frac{1}{2} CU^2$$

fiind de asemenea pozitivă.

Adoptînd acest punct de vedere, Comisia Electrotehnică Internaţională, la reuniunea sa din septembrie 1954, de la Philadelphia, a adoptat următoarea rezoluţie [22]) :

„C.E.I. recomandă ca puterea reactivă absorbită de un receptor să fie considerată pozitivă dacă receptorul este inductiv. În consecinţă, nu se va folosi un adjectiv calificativ alături de termenul „putere reactivă" ci se va da numai valoarea sa de direcţie şi circulaţie".

Ori se ştie că, recomandările Comisiei Electrotehnice Internaţionale, după procedura celor 6 luni, devin obligatorii

---

[14]) *C. F. Guilbert* : L'Eclairage Electrique, t. 12 1900, pag. 361 − 370.

[15]) Sublinierile nu sînt în articolul citat şi îmi aparţin.

[16]) A se vedea, spre exemplu : *Pl. Andronescu* : Curs de Electricitate şi Electrotehnică, Ed. Inst. Polit. Timişoara, 1953, partea II. p. 95.

R. Răduleţ : Bazele teoretice ale electrotehnicii, Ed. Ministerului Învăţămîntului, Buc. 1955, vol. III pag. 52.

C. A. Crug : Bazele Electrotehnicii. Ed. Energetică de Stat, Bucureşti, 1953, vol. II, pag. 70.

L. R. Neiman şi *P. L. Kalantarov* : Bazele teoretice ale electrotehnicii, Ed. Energetică de Stat, Bucureşti, 1955, vol. II, pag. 86.

J. Fallou : Lecons d'Electrotechnique Generale. Ed. Gauthier-Villons, Paris, 1939, pag. 260.

P. Janet : Lecons d'Electrotehnique Generale, Ed. Gauthier-Villons, Paris, 1926, pag. 107.

M. A. Perecalin : Electriceschie tepi, Gosenergoizdat, Moscova, 1950, dug. 200.

[17]) *Pl. Andronescu*, Electrotehnica, nr. 2/1965, pag. 90.

[18]) *C. Budeanu* : Studii şi cercetări de energetică, t. IV, 1954, p. 7.

[19]) *C. I. Budeanu* : Aplicaţii în practică de suprapunere a fenomenelor reactive şi deformate (Comunicare la Sesiunea Ştiinţifică a cadre lor didactice a Institutului Politehnic Bucureşti, iunie 1956 (manuscris)

[20]) *C. F. Guilbert*, loc. cit. referinţa 14.

[21]) A se vedea, spre exemplu :

F. Emde : Elektrotechnik und Maschinenbau, 1909), p. 112.

C. Budeanu : Puissances reactives et fictives, Ed. IRE, Bucureşt 1927, pag. 17.

R. Becker : Theorie der Elektrizitat, Ed. B. G. Teubner, Leipzig 1933, v.I., pag. 195.

J. A. Stratton : Electromagnetic Theory, Mc. Graw Hill Book Co. New York, 1941, pag. 137.

W. O. Schumann : Elektrischen Wellen, Carl Hauser, München, 1948, pag. 57.

C. A. Crug : Osnovî electrotehnichi, Gosenergoizdat, Moscova, 1952 pag. 101 şi 376.

C. I. Budeanu : Manifestări reactive în fenomene radiante (Comunicare la sesiunea ştiinţifică a Academiei R.P.R., iulie,1956) (manuscris).

pentru toate statele membre ale acestei Comisii, ceea ce se întîmplă și pentru statul nostru care este membru al Comisiei Electrotehnice Internaționale.

Ca o concluzie a celor arătate mai sus, exprimarea puterii aparente în forma

$$\overline{S} = P \pm jQ$$

cu corespondența indicată pentru semne, este corectă.

3. În ceea ce privește exemplul de calcul pe care îl dă prof. Andronescu, nicăieri din text nu rezultă că, pentru a determina puterea aparentă la bornele circuitului din fig. 1. se aplică pe rînd cele două relații de calcul, respectiv $\overline{U} \cdot \overline{I}^*$ la circuitul inductiv și $\overline{U}^* \overline{I}$ la circuitul capacitiv și apoi se adună rezultatele, așa cum conchide prof. Andronescu că ar rezulta din nota mea.

La calculul puterii aparente într-un circuit oarecare nu se poate aplica decît una din regulile de calcul indicate mai sus, de preferință aceea recomandată de C.E.I., adică:

$$\overline{S} = \overline{U} \cdot \overline{I}^* = P \pm jQ.$$

Exemplul dat poate fi, deci, rezolvat în următoarele trei moduri, toate dînd același rezultat:

a) Folosind expresia:

$$\overline{S} = \overline{U}\,\overline{I}^* = P + jQ.$$

Q fiind puterea reactivă absorbită de circuit. Tensiunea la borne fiind $\overline{U}$ se găsește ușor

$$\overline{I}_1 = \frac{\overline{U}}{r_1 - jx_c} = \frac{\overline{U}}{r_1^2 + x_c^2}(r_1 + jx_c),$$

$$\overline{I}_2 = \frac{\overline{U}}{r_2 + jx_L} = \frac{\overline{U}}{r_2^2 + x_L^2}(r_2 - jx_L),$$

de unde:

$$S_1 = \overline{U}\,\frac{\overline{U}^*}{r_1^2 + x_c^2}(r_1 - jx_c) = U^2\,\frac{r_1 - jx_c}{r_1^2 + x_c^2},$$

$$\overline{S}_2 = \overline{U}\,\frac{\overline{U}^*}{r_2^2 + x_L^2}(r_2 + jx_L) = U^2\left(\frac{r_2 + jx_L}{r_2^2 + x_L^2}\right)$$

și deci:

$$\overline{S} = \overline{S}_1 + \overline{S}_2 = U^2\left(\frac{r_1 - jx_c}{r_1^2 + x_c^2} + \frac{r_2 + jx_L}{r_2^2 + x_L^2}\right).$$

b) Folosind expresia:

$$\overline{S}' = \overline{U}^* \cdot \overline{I} = P + jQ' = P - jQ$$

Q' fiind puterea reactivă *absorbită* de receptorul presuprs capacitiv.

Se găsește:

$$\overline{S}_1' = \overline{U}^*\,\frac{U}{r_1^2 + x_c^2}(r_1 + jx_c) = U^2\,\frac{r_1 + jx_c}{r_1^2 + x_C^2},$$

$$\overline{S}_2' = \overline{U}^*\,\frac{U}{r_2^2 + x_L^2}(r_2 - jx_L) = U^2\,\frac{r_2 - jx_L}{r_2^2 + x_L^2}$$

și deci

$$\overline{S} = \overline{S}_1' + \overline{S}_2' = U^2\left(\frac{r_1 + jx_c}{r_1^2 + x_c^2} + \frac{r_2 - jx_L}{r_2^2 + x_L^2}\right).$$

Dar

$$Q' = -Q$$

și deci

$$Q = U^2\left(\frac{-x_c}{r_1^2 + x_c^2} + \frac{x_L}{r_2^2 + x_L^2}\right),$$

adică aceeași expresie ca și în cazul precedent.

c) Se aplică ambele relații, corespunzător fiecărui circuit în parte. Se găsește:

$$\overline{S}_1' = \overline{U}^*\,\overline{I} = U^2\,\frac{r_1 + jx_c}{r_2^2 + x_c^2} = P_1 + jQ_1' = P_1 - jQ_1,$$

$$\overline{S}_2 = \overline{U}\,\overline{I}^* = U^2\,\frac{r_2 + jx_L}{r_2^2 + x_L^2} = P_2 + jQ_2.$$

Rezultă:

$$Q_1' = \frac{x_c}{r_1^2 + x_c^2} = -Q_1$$

$$Q_2 = \frac{x_L}{r_2^2 + x_L^2}$$

Aplicîdn principiul conservării puterilor, avem:

$$P = P_1 + P_2$$
$$Q = Q_1 + Q_2$$

și puterea aparentă în circuit este

$$\overline{S} = P + jQ = U^2\left(\frac{r_1 - jx_c}{r_1^2 + x_c^2} + \frac{r_2 + jx_L}{r_2^2 + x_L^2}\right),$$

adică aceeași expresie.

Rezultă dar că, o „corectă minuire" a regulilor de calcul a puterii aparente, în circuitele de curent alternativ, cu ajutorul cantităților complexe conduce întotdeauna la rezultate corecte.

Prof. dr.ing. I. S. ANTONIU

---

[22]) International Electrical Commission. TechnicalCommitte nr. 24: Electric and Magnetic magnitudes and units. Unconfirmed Minutes of the meeting held in Philadelphia on loth and lith September, 1954. vezi și:

Revue Générale de l'Electricité, t. 64. iulie, 1955, pag. 320. ETZ A. Heft 2, 11 Januar, 1955, pag. 96.

REFERATE

Fizică

CZ 536.2.001.67 : 621.3.012.8

Rezolvarea unei probleme de conducție a căldurii prin considerații de analogie. [După *H. Schlitt*: Arch. Elektrotechn. 43 (1947) 1, p. 51—58].

Se propune rezolvarea unei probleme de eliminare staționară a căldurii primită prin radiație de către un sistem liniar izolat, format dintr-o placă și un fir, cedarea avînd loc de-a-lungul firului, prin conducție și convectanță. Problema electrică analogă care are ecuații diferențiale și condiții la limite identice este a unui cablu fără inductanță, alimentat pe la un capăt printr-un cuadripol *RC* în π. Soluția problemei termice a reușit să se dea aproximativ, dacă cele două corpuri se tratează separat, anume calculînd întîi variația temperaturii plăcii fără influența firului și aplicînd apoi această temperatură care este exponențială, capătului firului. Rezolvarea ecuației diferențiale a conducției căldurii în fir dă o soluție aproximativă a problemei. Or se constată că problema electrică analogă pentru care se pot stabili corespondențe multilaterale, se poate rezolva exact, simultan, pentru sistemul de alimentare și cablu propriu-zis, dacă aplicînd ecuațiile de cuadripoli ale liniei care dau tensiunea și curentul în orice punct în funcție de valorile de la capete, se elimină curentul de intrare în cablu și se calculează repartizarea tensiunii. Soluția este dată după cum se știe de funcții hiperbolice, care se pot transforma în serii Fourier sau funcții Theta. Această solutie exactă se poate transmite imediat asupra problemei termice cu toate variantele ei. Chiar și ecuațiile de cuadripol se pot formula analog exprimînd temperatura într-un punct arbitrar în funcție de cea de la capete.

A.A.

Energie nucleară

CZ 621.039

Principiile de bază ale obținerii energiei nucleare. [După *W. Hanle*: Elektrotechn. Z (ETZ) B, 8 (1956) 7, 261—264].

În acest articol autorul expune la un nivel accesibil inginerilor energeticieni, teoria producerii energiei nucleare. După o scurtă amintire a etapelor principale ale cercetărilor legate de folosirea energiei nucleare, autorul descrie structura atomului, arătînd ordinul de mărime al diametrului unui atom și părțile componente : un înveliș de electroni (negativi), avînd în interior un nucleu pozitiv, care la rîndul lui este format din mai multe particule : nucleonii dintre care unele sînt protonii iar celelalte neutroni. Trece apoi la definiția izotopilor. Arată echivalența dintre masă și energie dînd ca exemplu energia echivalentă a masei de 1 kg care este de $2{,}5 \times 10^6$ kWh, adică de 1 000 000 ori mai mare decît energia degajată prin arederea unui kg de cărbune.

Descrie transformarea nucleelor atomice (transmutarea), arătînd cantitatea de energie care se degajă din aceste reacții, dînd ca exemplu transmutarea azotului în oxigen. Arată rolul pe care îl au neutronii termici, operația de frînare, formarea izotopilor radioactivi, citează ca exemplu transmutarea uraniului în plutoniu (în 3 etape). Tratează despre fisiunea nucleelor, emisiunea radioactivă, timpul de înjumătățire și cantitatea de energie degajată în acest timp. Arată că în special nucleele grele sînt nestabile, deoarece la frînarea lor se degajă energie. Totuși această fisiune nu se produce spontan ci la primirea unei energii de excitație. Energia necesară în acest scop la unele corpuri este mai mică decît cea degajată (plumb, wolfram) și mai mare la altele (U^{235}). U^{235} devine fisionabil sub acțiunea electronilor lenți, în timp ce U^{238} la neutronii rapizi. U^{238} prin captare de neutroni trece în plutoniu iar thoriu în U^{233} prin neutroni lenți.

Descrie reacția în lanț în care se folosește energia dezvoltată din reacția a două nuclee pentru activarea procesului la alte nuclee. Există două posibilități de realizare : prin fuziunea a două nuclee degajîndu-se căldură, de exemplu transmutarea deuteriumului în heliu fenomen care are loc la milioane de grade (reacție termonucleară); sau prin fisiunea nucleelor grele, de exemplu U^{235}. În reactorii nucleari au loc procese de fisiune; la fel la bomba atomică. Procesele termonucleare au loc în stelele fixe și în bomba cu hidrogen.

D.L.

CZ 621.039

Utilizarea energiei nucleare. [După *W. Hanle* : Elektrotechn. Z. (ETZ) B, 8 (1956) 8, p. 293—297].

În continuarea articolului din luna iulie 1956, publicat în aceeași revistă, sînt prezentate problemele legate de utilizarea energiei nucleare.

Energia nucleară este dezvoltată în procesele de fisiune în lanț ca urmare a ciocnirilor neelastice dintre neutroni și nucleele de uraniu, procese reprezentate schematic la începutul articolului.

Se arată efectul diferit pe care îl au neutronii rapizi și neutronii lenți (termici) în producerea fisiunii nucleelor diferiților izotopi de uraniu și plutoniu, ceea ce determină construcții diferite ale reactorilor : *a*) reactori rapizi, utilizînd ca materie fisionabilă uraniu îmbogățit în izotopii U^{235} și U^{232} sau plutoniu și *b*) reactori lenți utilizînd uraniu natural care conține izotopul U^{238} în proporție de 99,28 %. Din punctul de vedere al modului în care sînt introduse în reacție combustibilul, moderatorul și agentul de transmitere a căldurii, reactorii se împart în eterogeni și omogeni. La unii reactori se urmărește producerea de material fisionabil, ceea ce se poate realiza dacă în urma proceselor de fisiune rezultă mai mult plutoniu decît U^{235} consumat.

După expunerea principiilor care stau la baza utilizări energiei nucleare, se analizează aspectul tehnic și economic al acestei probleme. În instalațiile construite pînă în prezent, energia degajată din fisiunea nucleelor este utilizată sub formă de căldură și transformată în energie electrică prin intermediul unui ciclu termic cu abur. Consumarea unui gram de uraniu este echivalent cu arderea a 2,4 t cărbuni. Combustibilul atomic reprezintă circa 1 % din cheltuieli. Energia electrică produsă are totuși un preț ridicat din cauza cheltuielilor mari de investiții.

Construcția reactorilor întîmpină dificultăți din cauza solicitărilor mari ale materialelor ceea ce face ca tehnologia să aibă un rol decisiv. Se arată care sînt materialele întrebuințate pentru combustibilul nuclear, moderator, mijloc de răcire și reflector.

Se descrie sistemul de reglaj al reacției în lanț în vederea menținerii temperaturilor la valorile admisibile, precum și ecranarea și măsurile de protecție care sînt luate.

Spre sfîrșitul articolului se începe descrierea diferitelor tipuri de reactori eterogeni. *D.L.*

CZ 621.039

Utilizarea energiei nucleare (II). [După *W. Hanle* : Elektrotechn Z. (ETZ) B, 8 (1956) 9, p. 337—340]

În acest articol, care constituie ultima parte dintr-o serie de 3 articole publicate în aceeași revistă, autorul continuă descrierea reactorilor, ocupîndu-se de reactorii omogeni. Descrie un reactor termic și două tipuri de reactori rapizi de multiplicare (Brutreaktoren). Face apoi o vedere generală asupra stadiului de dezvoltare a construcției de reactori în diferite țări.

În S.U.A., în programul de 5 ani al Comisiei pentru energia atomică este prevăzut să se construiască între 1956—1959 diferite tipuri de reactori fără să se urmărească în mod special producerea energiei electrice. Majoritatea reactorilor au instalații de producere a energiei electrice de 1—16 MW, căldura debitată fiind de circa 5—65 MW. În aceeași perioadă pentru industrie, se vor construi reactori avînd puterea electrică de 75—236 MW.

În Anglia, pînă în 1965 se vor construi centrale nucleare însumînd o putere de 1,5—2 GW, ceea ce va înlocui 5 milioane tone cărbune pe an. În 1975 centralele nucleare vor produce circa 40 % din energia electrică, economisindu-se circa 40 milioane tone cărbune pe an. Programul este împărțit în trei etape : în prima se vor construi reactori lenți pentru că

pot utiliza uraniu natural. Centrala de la Calder Hall din Cumberland (care este descrisă în articol) va produce plutoniu, energia electrică (65 MW) fiind un produs secundar. Se vor construi centrale de acest tip de circa 200 MW. În a doua etapă se vor construi reactori cu răcirea prin lichide, unde utilizarea căldurii se face cu un randament mai bun. În etapa a treia, se vor construi reactori de multiplicare, pentru producerea U^{233}, a toriului etc.

În U.R.S.S., centrala dată în exploatare la 24 iunie 1954 are un reactor de uraniu-grafit, răcit cu apă, de 5 MW, fluxul maxim de neutroni fiind de 5.10^{13} neutroni/cm²s. Utilizează uraniu îmbogățit cu izotopul U^{235}.

În Franța s-au construit reactori mici experimentali (150 kW—2MW) după care s-a dat în exploatare de curînd, un reactor industrial cu răcire de aer sub presiune, care furnizează plutoniu și energie electrică.

În Germania se va construi un reactor de 5—10 MW la Karlsruhe, tipul uraniu apă grea folosit pentru cercetări, formarea personalului, producerea de izotopi radioactivi, încercarea materialelor. Instalații asemănătoare vor fi construite și în alte orașe.

La sfîrșitul articolului, autorul menționează numeroasele utilizări ale energiei nucleare în toate domeniile de activitate.

D.L.

C Z 621.311.25 : 621.038.42

Calder Hall „A" [După Power and Works Engng. : (1956) nov. p.401—404.]

În acest articol este descrisă centrala nucleară Calder Hall „A" din Cumberland (Anglia) care a fost inaugurată oficial la 17 octombrie 1956. Este prima dintre două centrale identice care vor funcționa la Calder Hall. Are doi reactori între care este plasată sala turbinelor, de construcție obișnuită, avînd patru turboalternatoarele identice de către 23 000 kW. În afară de condensatoare turbinelor, instalația mai are încă două condensatoare care au rolul de a condensa (la presiunea atmosferică) aburul produs de schimbătoare de căldură în cazul declanșării turbinelor. Opt schimbătoare de căldură (patru de fiecare reactor) extrag căldura gazelor care răcesc reactorul. Circulația gazelor (CO_2) este asigurată prin 8 ventilatoare. Pentru răcirea condensatoarelor sînt construite două turnuri parabolice din beton.

După o scurtă prezentare a centralei, articolul cuprinde cîteva explicații asupra reacțiilor nucleare care au loc, precum și o schemă a reactorului și a ciclului termic al uzinei. Se arată prin cifre ordinul de mărime al energiei dezvoltate prin fisiunea uraniului, precum și cantitățile de cărbune echivalente prin care rezultă că randamentul este scăzut. O mare parte din pierderi provine din acumularea cenușei atomice în barele combustibile, care slăbesc reacția. Situația se poate îmbunătăți prin separarea plutonului de restul produselor rezultate din fisiune și reintroducerea lui în reactor. Se prevede ca într-un viitor apropiat să se dubleze randamentul, iar mai tîrziu să se tripleze.

Urmează o descriere a instalațiilor în care se dau cotele principale și unele valori mai importante ale parametrilor termici. Reactorul este compus dintr-un recipient sub presiune (din oțel) conținînd un bloc de grafit care are rolul de moderator și de reflector și este străbătut de o serie de canale în care sînt introduse tijele combustibile și de reglaj prin care trece un curent de răcire de CO_2. Un ecran de beton care constituie protecția biologică este apărat la rîndul lui de deteriorările produse de radiații printr-un ecran termic din oțel. moale. Sînt descrise de asemenea, elementele combustibile, schimbătoarele de căldură, turboalternatoarele și condensatoarele

La sfîrșitul articolului sînt menționate în ordine cronologică, etapele principale ale inițierii, proiectării și construcției centralei.

D.L.

C Z 621.314.63 : 621.318.423.013.1

Funcționarea bobinelor saturate cu redresoare semiconductoare și sarcină complexă. [După *A. G. Zdrok* și *G. P. Smirnov* : Electricestvo, 76 (1956) 10, p. 44—47]

Problema regimurilor de funcționare a circuitelor care conțin redresoare alimentînd bobine saturate, este interesantă pentru reglajul tensiunii generatoarelor sincrone, reglajul excitației generatoarelor instalațiilor de transport și comanda prin impulsuri a generatoarelor de mare intensitate. Cercetările experimentale au dovedit că premagnetizarea miezului de fier cu curenți pulsatorii sporesc factorul de amplificare al curentului cu 10—20%. La variația frecvenței impulsurilor de comandă se schimbă atît reactanța circuitelor în scurtcircuit cît și f.e.m. de inducție mutuală. Din această cauză curenții de inducție mutuală nu depind practic de frecvența pulsațiilor și deci și inducția magnetică a bobinei este independentă de frecvența pulsațiilor.

La alimentarea bobinei, care lucrează în condiții de frecvență variabilă, se pot folosi caracteristici magnetice obișnuite sau caracteristici voltamperice, raportate la unitatea de frecvență sau unitatea de turație a rotorului generatorului.

În circuitele cu redresoare semiconductoare și sarcină complexă forma curbei de tensiune la bornele bobinei, se deosebește în mare măsură de sinusoidă, fapt care trebuie luat în considerație la calculul circuitului. Dacă bobina cu miez saturat se premagnetizează cu curent pulsatoriu, este necesar a se lua în considerație o premagnetizare suplimentară, condiționată de acțiunea curenților turbionari în circuite închise.

S.S.

Mașini electrice

C Z 621.313.333.012 :621.313.362.912

Reprezentarea grafică a puterilor și cuplului mașinii asincrone monofazate și a mașinii monofazate în derivație cu colector cu ajutorul diagramelor curenților primari. [După *A. Hitz* : Arch. Elektrotechn. 43 (1957) 1, p.15—32]

În continuarea unei lucrări anterioare în care se deduce și se definește diagrama circulară a curentului primar într-o mașină asincronă monofazată, autorul arată că se pot defini drepte care reprezintă puterea mecanică, pierderile Joule-Lenz, și cuplul. Aceste mărimi se pot deduce grafic nu numai pentru motorul asincron monofazat, ci și pentru mașina în derivație cu colector monofazat. În cazul mașinii monofazate, această diagramă cu o dublă împărțire parametrică este analogă diagramei circulare a lui Ossanna pentru mașini polifazate.

A. A

C Z 621.313.333.2.044.6

Contribuție la teoria motorului cu pol crestat. [După *M. Nagel* : Arch. Elektrotechn. 43 (1957) 1, p. 32—50].

În lipsa unei teorii satisfăcătoare a micromotorului monofazat în scurtcircuit cu poli crestați și spire în scurtcircuit, autorul deduce o teorie generală pentru funcționarea și dimensionarea micromotorului introducînd calculul cu componente simetrice.

Se calculează componentele diferitelor fluxuri în întrefier din care se deduc tensiunile induse și apoi cuplul de sarcină și la pornire. Conductanțele directe și inverse se obțin ușor din diagrama circulară a mașinii bifazate simetrice, pentru o alunecare corespunzătoare. Din diagramă se pot deduce influențele bobinei de ecranare, a rezistenței primare și a scăpărilor, însfîrșit, dimensiunile optime ale motorului, așa cum se arată pe un exemplu de calcul detaliat.

A.A.

C Z 621.313.322.00.57:621.316.722

Bazele teoretice ale unui model de mașină sincronă cu sarcină reactivă pentru studiul reglării tensiunii. După *H. Bühler* : Bull. Oerlikon (1956) 315, p. 26—39].

Articolul tratează problema reproducerii și determinării condițiilor de reglaj al alternatoarelor sincrone folosind un model. Se poate întrebuința ca model o mică mașină sincronă, dar se obțin dificultăți constructive întrucît înfășurarea statorică nu va putea prezenta o rezistență la fel de mică ca a alternatorului, iar constantele de timp ale micilor mașini sînt inferioare celor ale marilor alternatoare.

Soluția pe care autorul o analizează este aceea a înlocuirii mașinii sincrone printr-un cuplaj echivalent, constituit din elemente statice, obținîndu-se prin aceasta o modificare sau ajustare a constantelor de reprodus. Se indică schema funcțională constituită din : modelul de excitatrice, modelul de alternator, amplificatorul de putere, convertizor și regulatorul de tensiune. Autorul se ocupă în special de modelul de alternator. Modelul de alternator are din punctul de vedere al

reglării tensiunii, aceleaşi caracteristici staţionare şi tranzitorii ca un alternator sincron cu sarcină reactivă. Modelele sînt constituite din tuburi electronice. Se trece de la schema echivalentă a alternatorului sincron încărcat capacitiv la schema echivalentă a modelului făcîndu-se analogia dintre elementele celor două scheme (rezistenţe, capacităţi, inductanţe). Tocmai datorită faptului că rezistenţele şi capacităţile din circuit pot fi variate cu uşurinţă se obţine cu puţin material. orice constantă de timp. Se dă schema electronică a modelului de alternator, ca şi calculul operaţional al constantelor de timp, indicîndu-se funcţionarea ei. O comparaţie între rezultatele date de model şi realitate cu ajutorul unei măsurători a fost realizată la uzina Chandoline, unde s-a studiat procesul tranzitoriu al unui alternator sincron cu excitaţie constantă de 37,5 MVA, 500 rot/min, la anclanşarea şi declanşarea unei linii în gol.

Folosirea unui model de maşină sincronă realizat cu cuplaj electronic echivalent permite un studiu amănunţit şi variat al reglajului tensiunii şi proceselor tranzitorii din reţele prin simpla variaţie a elementelor din circuit, *R*, *L*, *C*.

F.T.

C Z 621.3.045.53

Expunerea şi cercetarea proprietăţilor speciale ale unei înfăşurări trifazate cu pas scurtat într-un strat. [După *S. Müller*: Dtsch. Elektrotechn Elektrofertigung, 10 (1956) 4, p. 27—30.,]

Într-un articol anterior [Dtsch. Elektrotechn, 9 (1955) 10] au fost expuse chestiunile fundamentale ale înfăşurării în pas scurtat într-un strat şi s-au arătat directivele pentru o utilizare raţională. Autorul arată aplicarea acestui fel de înfăşurare la un motor trifazat de 63 kW, $U = 380$ V, $I = 122$ A, 4 poli şi expune cercetările de calcul şi experimentale ca şi proprietăţile speciale. Se expune alegerea pasului de înfăşurare ; se alege o scurtare de pas de 0,83 din care rezultă o economie în cupru, de 8% faţă de înfăşurarea diametrală. Din deducerea factorilor de înfăşurare reiese că la înfăşurarea aceasta cu pas scurtat, pierderile datorite armonicilor sînt mai reduse faţă de acelea rezultate într-o înfăşurare diametrală (131 W faţă de 182 W). În continuare se arată cercetarea curbei cuplului şi comparaţia pierderilor datorite armonicilor. Rezultatele generale ale încercărilor sînt indicate în tabela 1.

Tabela 1

Proba	Înfăşurarea cu pas scurtat	Înfăşurare diametrului	Unităţi de măsură
Încălzirea	65,8	60,5	°C
Curent nominal	114	120	A
Randament	0.87	0,86	
Factor de putere	0,93	0,9	
Curent în gol	29	35	A
Curent de scurtcircuit	330	359	A
Necesar de Cu pentru înfăşurări	31,2	34	kg

Încălzirea de 65,8°C faţă de 60,5°C se datoreşte scurtării capetelor de înfăşurări ceea ce are o influenţă asupra răcirii. Din rezultatele expuse, reiese că la o utilizare raţională a acestui fel de înfăşurare apar numeroase avantaje economice.

M.P

CZ 621.313.017.7

Rezistenţele termice interioare axiale ale unei maşini electrice. [După *J. Hak* (Brno): Arch. Elektrotechn. 43 (1957) 1, p. 58—76]

În această a treia lucrare privind aplicarea metodei surselor termice la calculul răcirii maşinilor electrice, se pune problema calculării simple a încălzirii unei bare dintr-o maşină electrică supusă în diferitele sale porţiuni unor regimuri diferite de încălzire şi răcire. Pentru aceasta se aplică metoda rezistenţelor „interioare" ale surselor termice repartizate, adică a rezistenţei termice care corespunde „scurgerii" curentului termic sub influenţa temperaturii medii prin însăşi conductorul care produce căldură. Această rezistenţă este o treime din cea opusă de piesa identică fără surse. Totuşi subîmpărţirea barei în astfel de porţiuni nu dă un rezultat exact din cauza temperaturii ambiante diferite de care depinde cedarea de căldură. Autorul arată că rezistenţa se poate împărţi în două părţi, prima depinzînd numai de dimensiunile şi conductibilitatea porţiunii, a doua, mult mai mică, conţinînd şi influenţa temperaturii exterioare. Calculul se face sau cu valori ale rezistenţei stabilite fără influenţa temperaturii ambiante, sau cu o influenţă apreciată dinainte a acesteia. Se demonstrează că aproximaţiile acesteia se pot compensa în sisteme mai complicate. Se calculează apoi diferite scheme echivalente a unor corpuri simple în regim staţionar de încălzire şi răcire : bară cu cedare laterală şi la un capăt, două bare în contact cu cedare laterală şi fără cedare la capete, bare cu n porţiuni, două porţiuni cu răcire la un capăt, trei porţiuni cu şi fără răcire la capetele externe. Se arată că rezistenţele interne axiale se pot calcula în cele mai multe cazuri făcînd aproximaţii privind răcirea radială pe porţiuni şi aplicînd expresiile cunoscute din răcirea porţiunilor din bare liniare.

A.A.

CZ 621.316.57.0014.621.314 : 621.+ 621.315.1

Noi încercări de declanşare a transformatoarelor în gol şi a liniilor neîncărcate prin întreruptoare cu ulei puţin. [După *A. Gautenbein* şi *E. Vogelsanger*: Bull. Oerlikon (1956) 316, p. 53—61].

Autorii se referă la un articol apărut în acelaşi buletin (1953) nr. 299, care trata despre rezultatele unor încercări de declanşare a transformatoarelor în gol şi a liniilor neîncărcate, cu întreruptoare cu ulei puţin şi arată că în cazuri normale atît la ruperea unui curent magnetizant de transformator cît şi la ruperea unui curent capacitiv, arcul poate fi stins, fără supratensiuni. Se descrie un întreruptor cu rezistenţă de şuntare, arătîndu-se avantajele şi dezavantajele lui, locurile unde este indicat a fi întrebuinţat. Există o serie de fenomene ce apar în reţele şi care agravează ruperea arcului. Se relevă situaţiile cele mai dezavantajoase pe care trebuie să le suporte întreruptorul şi transformatorul, fenomenul stingerii arcului. Se dau detalii constructive privitor la camera de stingere care trebuie dimensionată mai larg şi care se face din fibre de sticlă, impregnate cu răşini sintetice. Întreruptorul se echipează cu rezistenţe de şuntare.

În ceea ce priveşte declanşarea liniilor neîncărcate, autorii citează o serie de cazuri petrecute în reţelele din Elveţia, explicînd formarea undelor, reflectarea lor la capetele liniei şi formarea supratensiunilor. Se recomandă în ambele situaţii echiparea liniilor cu întreruptoare cu ulei puţin cu rezistenţă de şuntare, deoarece se comportă bine la supratensiuni şi au avantajul de a limita şocul de curent care apare la conectarea transformatoarelor, ceea ce solicită mai puţin înfăşurarea lor şi uşurează funcţionarea protecţiei diferenţiale.

F.T.

Acţionări electrice

CZ 621.313.226.1

Funcţia de transfer a amplidinei cu flux transversal. [După *L. P. Siniberov*: Electricestvo, 76 (1956) 10, p. 40—44].

În lucrările care tratează despre teoria şi construcţia amplidinelor, relaţiile de bază dintre înfăşurările amplificatorului şi fenomenele tranzitorii se exprimă printr-un sistem de ecuaţii diferenţiale liniare, iar ecuaţia caracteristică a sistemului se obţine de gradul 6 sau 7. Aceste ecuaţii oglindesc în mod riguros fenomenele tranzitorii care au loc în amplificator, însă nu se pot folosi comod din pricina numărului mare de coeficienţi care trebuie luaţi în consideraţie. Calcularea acestor coeficienţi se poate face după datele înfăşurărilor care nu se pot stabili experimental, decît cu ajutorul unor operaţiuni foarte complicate. Pentru a nu complica prea mult analiza acestui sistem, se poate recurge la o funcţie echivalentă de transfer, al cărei grad să nu fie prea mare şi ai căror coeficienţi să poată fi determinaţi în condiţii de laborator. Astfel se poate reprezenta amplificatorul cu cîmp transversal la funcţionarea în gol, ca două sisteme inerţiale înlănţuite. Această reprezentare exclude influenţa proceselor care au loc în circuitul transversal asupra proceselor din circuitul de comandă. Această influenţă există efectiv şi deci caracteristicile reale ale amplificatorului diferă considerabil faţă de cele teoretice. Coeficientul real de amplificare al tensiunii va fi de K ori mai redus decît cel ideal. În articol se arată cum poate fi determinat coeficientul K. Amplificatorul cu cîmp transversal la mers în gol poate fi reprezentat ca verigă de ordinul

doi a cărui funcţie de transfer permite stabilirea pe cale de laborator a coeficenţilor care o determină. În text este redată funcţia de transfer a amplificatorului în sarcină, pentru compensarea totală a reacţiei indusului. *S.S.*

C Z 611.34.024 : 621.375.3

Utilizarea amplificatoarelor magnetice pentru acţionări electrice [După *A. G. Efanov, B. M. Gulkin* şi *R. Reinholdt*: Electricestvo, 76 (1956) 2, p. 9—14].

Amplificatoarele magnetice au tendinţa să înlocuiască şi să ajute în multe cazuri amplidinele în funcţionarea lor ca excitatoare sau generatoare în sistemele generator-motor. Avantajul amplidinelor constă în factorul lor mare de calitate, adică într-un raport ridicat între factorul de amplificare şi constanta de timp. În schimbul acestui avantaj, amplidina prezintă următoarele dezavantaje: *a*) pierderi importante histerezis şi *b*) dependenţa factorului de amplificare de alegerea punctului de funcţionare şi de mărimea sarcinii. În acest articol este analizată schema amplidinei care funcţionează în cascadă cu un preamplificator magnetic. Această schemă posedă umătoarele calităţi: 1) caracteristicile statice sînt liniare; 2) factorul de amplificare al puterii este mai ridicat decît al amplidinei şi depinde în mică măsură de sarcină; 3) constanta de timp este la fel de redusă ca a amplidinei; 4) schema este simplă şi sigură în exploatare. Schema în cascadă a amplificatoarelor magnetice cu amplidine se aplică cu succes la acţionarea ascensoarelor şi excavatoarelor, asigurînd sporirea productivităţii mecanismelor. Aceleaşi scheme se pot recomanda şi pentru alte acţionări automatizate, care necesită precizie, stabilitate şi rapiditate. *S.S.*

C Z 621.34.024 : 621.375.3

Utilizarea amplificatoarelor magnetice pentru automatizarea acţionărilor cu motoare de curent continuu. [După *S. S. Rozen* şi *K. J. Goosen*: Electricestvo, 76 (1956),2, p. 59—61].

Pentru acţionarea mecanismelor care necesită reglajul turaţiei în limite largi sau menţinerea acestei turaţii la o valoare fixă, se folosesc de obicei, motoare de curent continuu alimentate de la un generator sau de la un redresor cu mercur comandat. Reglajul excitaţiei generatorului în vederea obţinerii unei tensiuni proporţionale cu turaţia motorului, se face cu un amplificator magnetic care este cu mult mai sigur în funcţionare decît amplidina. Deoarece generatorul de curent continuu păstrează un magnetism remanent, turaţia motorului nu poate fi anulată în mod obişnuit. Pentru acest motiv amplificatorul magnetic trebuie să lucreze în dublu tact, adică să-şi schimbe polaritatea la ieşire pentru schimbarea polarităţii semnalului de intrare, chiar şi în cazurile cînd sistemul generator-motor este nereversibil.

Încercarea amplificatoarelor magnetice în schemele cu redresoare cu mercur comandat s-a efectuat pentru acţionarea unei instalaţii de laminat ţevi. După cum se poate observa din oscilograme, tensiunea la bornele motorului se menţine aproape neschimbată datorită acţiunii automatizării asupra întîrzierii aprinderii arcului în redresor. *S.S.*

Măsuri electrice

C Z 621.319.46.089.6

Condensator etalon cu gaz sub presiune pentru tensiunea de 100 kV.]După *N. P. Bogoroditchi*: Electricestvo, 76 (1956) 1, p. 68—71].

La primele tipuri de condensatoare etalon pentru tensiuni ridicate. se folosea ca dielectric aerul la presiunea atmosferică, Din cauza gabaritelor mari s-a renunţat la aceste construcţii şi s-a trecut la folosirea condensatoarelor ceramice, care însă nu puteau depăşi tensiunea nominală de 15 kV. În continuare, s-a studiat construcţia condensatoarelor folosind ca dielectric vidul, care corespund perfect pînă la tensiuni de 25 kV. Pentru tensiuni înalte, pînă la 100 kV, sînt mai corespunzătoare construc iile etanşe, folosind ca dielectric gaze sub presiune cu rigiditate dielectrică mai mare decît a aerului. Unul din aceste gaze „Elegaz" SF6, cu o rigiditate dielectrică de 2,5 ori mai mare decît a azotului, este inert şi stabil din punct de vedere termic, pînă la temperatura de 800°C. O construcţie nouă de condensator etalon foloseşte „elegaz"-ul la presiunea de 12 at ale cărui pierderi dielectrice (tg δ) nu depăşesc 1.10^{-4}. *A.B.*

C Z 621.317.083.7 : 621.398

Metoda de telemăsură prin impuls sistem A.E.G. [După *G. August* şi *H. G. Beckman*: AEG—Mitt. 1956) 7—8, p. 225—232[.

Articolul tratează construcţia şi modul de funcţionare a aparatelor de telemăsură fără relee pentru valori electrice sau neelectrice din exploatare.

Instalaţia prezintă în general trei elemente principale.

1. Emiţătorul de telemăsură care se găseşte în apropierea locului de măsură şi care transformă într-un semnal mărimea care trebuie transcrisă.

2. Canalul de telemăsură care transportă semnalul de la emiţător la punctul de recepţie.

3. Receptorul de telemăsură, care transmite semnalul unui aparat înregistrator sau indicator.

Se pot transmite mărimi electrice cum ar fi de exemplu: puteri active şi reactive, factori de putere, curent şi tensiune precum şi mărimi neelectrice ca: presiune, temperatură,debite de gaze şi lichide, nivele de lichide şi poziţii de armătură de reglaj şi închidere.

Articolul se ocupă cu canale de transmitere a semnalelor şi în special pentru acele de transmitere prin impulsuri. Ca avantaje prezintă: lipsa releelor, celule fotoelectrice, rezistenţe fier-hidrogen şi stabilizatoare. De asemenea elimină dispozitive mecanice, exceptînd partea mecanică a aparatelor de măsură. Valorile măsurate sînt independente de variaţiile tensiunii de alimentare ale emiţătorului şi receptorului. Precizia de măsură corespunde clasei 1,5 a aparatelor de măsură. *W.L.*

Aparate electrice

C Z 537.311.4

Rezistenţa şi suprafaţa de contact [După *K. Millian* şi *W. Rieder*: Z. angew. Phys. 1(1956) 1

Se descriu cercetări la care s-a urmărit variaţia rezistenţei contactelor formate din doi cilindri aşezaţi în cruce, sub presiune, funcţie de material (cupru, argint, tungsten), de prelucrarea suprafeţei, de vîrsta păturii exterioare de contact la aşezarea într-un mediu uscat şi în condiţii normale. Pentru cupru şi tungsten încălzit în vid rezultă o creştere exponenţială a rezistenţei de contact în timp. Rezistenţa contactelor de argint şi a contactelor de tungsten netratate, tinde către o limită. Se constată o variaţie deosebită a rezistenţei de contact în timpul primelor ore şi zile după prelucrare. Se discută influenţa grăsimii la contacte de cupru. Afară de o serie de consideraţii teoretice articolul cuprinde descrierea instalaţiei de măsură, un preţios material grafic cît şi indicaţii referitoare la literatura în această problemă. *S.H.*

CZ 621.3.014.31

Caracteristicile statice şi dinamice ale arcului electric. [După *T. E. Brownel* (jr) : J. electrochem Soc. 102 (1955), 1 p. 27—37].

În articol sînt prezentate rezultatele studiilor executate în laboratoarele Westinghouse Electric Corporation asupra comportării în diverse condiţii a arcului electric. Sînt studiate caracteristicile statice şi dinamice tensiunea-curent ale arcului electric, mai ales în cazul curenţilor mari. Pe baza studiilor oscilografice este descrisă comportarea arcului în curent continuu şi în curent alternativ. Se face un studiu matematic pentru a explica şi a predetermina funcţionarea dinamică a arcului şi efectele asupra circuitelor electrice de alimentare a electrozilor. O atenţie specială este dată studiului arcului în lungul coloanei de descărcare şi în regiunea electrozilor. Se arată importanţa acestui studiu în aplicaţiile actuale ale arcului electric.

În încheiere autorul arată efectele variaţiilor mici ale condiţiilor de funcţionare asupra stabilităţii arcului.

L.F

CZ 621.313.323.077.7 : 621.318.423.001,24

Calculul bobinelor cu miez saturat pentru reglajul motoarelor asincrone. [După *A. L. Pisarev*: Electricestvo, 76 (1956) 5, p. 10—13].

Utilizarea bobinelor saturate pentru reglajul motoarelor asincrone își găsește un cîmp de aplicare tot mai larg în domeniul elevatoarelor miniere, a mecanismelor de transport și ridicat și a unui număr de mașini din industria usoară, poligrafică etc.

În prezentul articol sînt redate metodele de calcul ale bobinelor cu miez saturat, în cazul conectării lor în circuitul statorului motorului asincron. Condițiile de funcționare ale bobinelor saturate în schemele motoarelor asincrone reglabile diferă foarte mult de condițiile de funcționare în sarcină constantă. Rezistența echivalentă a motorului asincron este o funcție de alunecare, deci poate lua valori foarte diferite la funcționarea în regim de motor. Din această cauză, între curentul de sarcină și cel de comandă nu există o relație univocă. Datele de la care se pornește, pentru calculul bobinei saturate, sînt furnizate de relația dintre tensiunea și curentul acestei bobine, pentru cîteva puncte ale caracteristicii mecanice.

Metoda de calcul redată se folosește cu succes, atît pentru bobine monofazate cît și pentru cele trifazate, indiferent de forma miezului. Autorul a analizat relațiile de bază dintre dimensiunile tolelor miezului în vederea obținerii puterii reactive maxime pe unitatea de greutate și pentru consum minim de materiale. Aceste relații sînt redate pentru motoare asincrone de puteri cuprinse între 1,7 și 125 kW. *S.S.*

CZ 621,317.57

Unele probleme de construcții moderne a întreruptoarelor [După *G. V. Butchevici*: Electricestvo 75 (1955)2, p. 13—17].

Pe baza experienței cîștigate la o mare stație de încercări se propun extinderea și completarea normelor GOST 617-41 pe baza următoarelor principii:

1. În prezent nu există stații de încercare care să permită încercarea la putere de rupere a celor mai mari întreruptoare, deci se impune stabilirea de norme precise pentru încercările indirecte (sintetice) și cele în rețea.

2. Frecvența tensiunii transistorii de revenire trebuie introdusă, pe baza măsurătorilor făcute în rețele reale. Propunerea făcută de Puppikofer și Juillard pe baza unor măsurători efectuate în Elveția, pentru o normă internațională conține condiții prea ușoare pentru frecvența proprie la puterea nominală de rupere. În oarecare concordanță cu o lucrare suedeză recentă, autorul face următoarea propunere pentru normele GOST care se află în discuție și pentru normele internaționale corespunzătoare. Întreruptoarele de construcție sovietică satisfac acestor condiții la măsurători în proporție de 90%. Analiza rețelelor poate continua totuși pentru a stabili frecvențele proprii prin măsurători.

Între panta medie a tensiunii de restabilire și frecvența proprie rețelei f_0 există relația simplă: $\left(\frac{dU}{dt_1}\right)_m = 4\, f_0 u_0$, în care u_t este valoarea momentană a tensiunii în momentul $i = 0$ (tabela 1).

3. Normele GOST 687-41 prevăd luarea în considerare a componentei aperiodice a curentului de scurtcircuit I_c la calculul curentului de rupere total I_r, după formula: $I_r = \sqrt{I_a^2 + I_c^2}$, în care I_a este valoarea efectivă a curentului de scurtcircuit simetric în prima perioadă după separarea contactelor. Or, componenta continuă poate simula o putere de rupere mărită, dacă întreruperea are loc în prima perioadă, cînd această componentă mai poate mări cu 50% curentul total față de curentul simetric. În rețele astfel de valori ale componentei aperiodice nu pot interveni din cauza întîrzierii la declanșare a releelor și întreruptoarelor. Ori se poate afirma că întreruperea curentului de scurtcircuit simetric este mai dificilă (mai ales la întreruptoare pneumatice) decît a unui curent de valoare efectivă totală egală dar cu o mare componentă asimetrică. Anume componenta continuă poate întîrzia trecerea prin zero a curentului pînă la valori mult mai scăzute ale tensiunii sursei, astfel că atît amplitudinea cît și frecvența tensiunii de restabilire a rețelei să fie mult mai joase decît dacă această componentă continuă nu ar exista. Pe de altă parte, dacă întreruperea are loc în primele două semiperioade, atunci căldura dezvoltată în camera de rupere este mult mai mare decît dacă ar lipsi componenta continuă. Avînd în vedere această comportare ambiguă, autorul propune ca încercarea să se facă numai cu un curent de scurtcircuit simetric.

Tabela 1

Propuneri pentru frecvențe proprii normale f_0

Tensiunea nominală, kV	6	10	20	35	110	154	220
f_0 la 100% putere de rupere kHz	8.0	6,0	3,0	2,0	1,0	0,8	0,5
f_0 la 50% putere de rupere kHz	20	15	9,0	7,0	3,0	2,5	2,0

4. Stabilitatea termică se calculează uzual pentru o durată de una, cinci sau zece secunde a curentului de scurtcircuit. Transformarea de la o durată la alta a curentului de stabilitate termică, așa cum se face obișnuit prin egalarea energiei termice produse: $I_1^2 R_1 t_1 = I_2^2 R_2 t_2$ și care duce la formula cunoscută: $\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^{\frac{1}{2}}$ nu este justă din cauza proceselor transistorii de nivelare a temperaturilor, care în materiale atît de bune conductoare și la contacte, schimbări de secțiuni etc., pot în 10 s să se niveleze la valori mai joase decît cele calculate din procesul adiabatic.

Se propune, deci, ca normă indicarea duratei cît timp se suportă (1,3—3s) curentul de rupere maxim. De asemenea se propune suprapunerea încercării de stabilitate termică și dinamică pentru a reproduce mai bine solicitările reale. *A.A.*

CZ 621.316.57.901.4 : 621,317.2

Echipamentul de control și instrumentare pentru încercarea întreruptorului de putere mare. [După *A. L. Streater*: Gen electric Rev, (1951), p.37—41].

Cerințele noi impuse de tensiunile foarte înalte și de concentrațiile crescînde de putere electrică au stabilit necesitatea încercărilor întreruptoarelor la un nivel foarte ridicat. În articol se expune echipamentul de control utilizat pentru încercarea unui întreruptor cu ulei puțin, de 230 kV cu putere de rupere de 10 000 MVA. Acest echipament a fost utilizat cu deplin succes pentru determinarea performanțelor întreruptorului în încercări cu puteri pînă la capacitatea de scurtcircuit a Centralei hidroelectrice de la Grand Coulée. Datele necesitate pentru interpretarea exactă a încercărilor întreruptorului au fost date de măsurători asupra: curentului, tensiunii și energiei arcului, parcursului contactului, punctului de separație al contactului, presiunilor dezvoltate în întreruptor și impulsurilor de comandă. Echipamentul a fost astfel întocmit încît operațiile întreruptorului să fie determinate exact în timp și să poată fi reproductibile.

Se arată componența echipamentului utilizat. La diverse încercări, din cauza tensiunilor înalte s-a recurs la transmiterea indicațiilor printr-un transmițător și un receptor radio, cu frecvența modulată. Autorul încheie articolul arătînd succesul deplin în încercările efectuate, insistînd asupra controlului concludent al operațiilor întreruptorului la încercări, sub cele mai severe condiții de funcționare. *M.P.*

CZ 621.316.925.45 : 621.314.7

Aplicația transistorilor de contact la releele de distanță. [După *C. Adamson* și *L. M. Wedepohl*: Proc. Inst. electr. Engrs., A, (1956) 8, p. 379—388]

Se descriu realizări recente în legătură cu proiectarea și experimentarea releelor de distanță rapide utilizînd transistori de contact și se expun principalele dificultăți întîmpinate. Se face un scurt istoric al aplicării releelor electronice la protecția sistemelor energetice și se expun avantajele principale ale transistorilor de contact asupra tuburilor termoionice în acest domeniu. Se descrie principiul releului realizat

și se arată că nu există dificultăți teoretice pentru obținerea unor caracteristici corespunzătoare clasei generale a releelor de distanță și proprietăților impuse unor relee direcționale rapide. Se prezintă tipul cu impuls și tipul cu fază de comparație, schema pentru încercarea releelor și metoda de prezentare a caracteristicilor. Rezultă că tipul cu fază de comparație este superior, dar ambele sînt sensibile la fenomene tranzitorii. În concluzie, transistorii de contact prezintă unele importante avantaje față de tuburile termoionice, dar aplicarea lor în comun cu elemente electronice clasice la releele de distanță rapide depinde de soluționarea problemei fenomenelor tranzitorii. ceea ce se poate realiza prin două metode. Dezvoltarea rapidă a transistorilor, atît ca preț, ca putere, cît și ca durată a vieții pune azi problema utilizării lor în aparate și sisteme de protecție noi. *I.C.*

CZ 621.355.2

Electrochimie

Coroziunea electrozilor pozitivi la acumulatoare electrice de plumb. [După *J. J. Lander*: J. electrochem. Soc. 103 (1956) 1, p. 67—71]

Durata de viață a acumulatoarelor de plumb atît în instalațiile staționare cît și în cele transportabile depinde în mare măsură de comportarea în funcționare a electrozilor pozitivi. Procesele de coroziune sînt uneori foarte active la acești electrozi producînd slăbirea rezistenței mecanice a grătarului suport și pierderea masei active. Coroziunea anodică a plumbului în acid sulfuric a fost studiată în mod amănunțit în domeniul valorilor electrodului descărcat și cel al potențialului reversibil. S-a utilizat metoda de polarizare la un potențial constant. Constatările făcute sînt următoarele :

La un potențial de 1,1 V are loc reacția $PbO_2 + 2H_2O = PbO_2 + 4H^+ + 2e^-$, care este prima treaptă în procesul de coroziune. La un potențial de + 1,58 V are loc reacția în stare solidă $Pb + PbO_2 = 2PbO$. La acest potențial apare în produsul coroziunii bioxidului de plumb și procesul de coroziune atinge maximum de intensitate.

La potențialele mai nobile, puțin inferioare potențialului de echilibru (reversibil) de + 1,684 V al reacției $PbSO_4 + 2H_2O = PbO_2 + H_2SO_4 + 2H^+ + 2e^-$, coroziunea începe să fie limitată de apariția unui strat de protecție din bioxid de plumb amestecat cu sulfat de plumb. Peste acest potențial reversibil $PbO_2/PbSO_4$ coroziunea scade la valori neglijabile, deoarece stratul de protecție este complet format. Procesul de coroziune rămîne lent și la valori superioare cu condiția ca temperatura să rămînă cea normală. Cu creșterea temperaturii cresc și pierderile prin coroziune. Ele descresc însă cu creșterea concentrației electrolitului.

Se arată apoi că pierderile prin coroziune pot fi limitate în cazul utilizării bateriilor de acumulatoare în regim de încărcare permanentă (float service), prin creșterea concentrației electrolitului la circa 30 %. În acest caz este potrivit să se confecționeze grătarele electrozilor din aliaj plumb-calciu în loc de plumb-antimoniu. Funcționarea acumulatoarelor pentru automobile se apropie de regimul de încărcare permanentă.

La bateriile funcționînd în regim ciclic de încărcare-descărcare, pierderile mari prin coroziune sînt inevitabile deoarece aceste baterii se găsesc în tot timpul descărcării la potențiale inferioare celor de formare completă a stratului protector. De aceea bateriile de tracțiune, de submarine ș.a. au o durată de viață mult mai mică.

L.F.

CZ 541.135.6

Rezistența și polarizarea bateriilor de acumulatoare de plumb. [După *E. Willinghanz*: J. electrochem. Soc., 102 (1955), 3 p. 99—101].

Măsurările rezistenței electrice interioare a acumulatoarelor de plumb executate în curent continuu înregistrează și efectele polarizării electrozilor, astfel că valorile citite reprezintă cele ale rezistenței aparente. În cazul măsurărilor în curent alternativ, efectele polarizării descresc cu frecvența.

Rezistența electrică a unui element de 100 Ah, de tipul bateriilor de pornire utilizate la automobile, a fost studiată prin metoda punții de curent alternativ la 30—16 000 cicli. Rezultatele se pot explica considerînd bateria ca o sursă de tensiune în serie cu o rezistență, o capacitate și o inductanță. Inductanța nu reprezintă decît o fracțiune de microhenry. Valorile aparente ale rezistenței și capacității variază mult cu frecvența. La 1 000—3 000 Hz rezistența aparentă este de circa 1mΩ; la 60 Hz ea este cu 15—20 % mai mare. Capacitatea este de 15—20 F la 60 Hz, ea devine foarte mică la 1 000 Hz. Se observă că în cazul cînd ambii electrozi sînt din peroxid de plumb, rezistența aparentă devine independentă de frecvența, iar capacitatea devine neglijabilă; în cazul folosirii electrozilor din plumb spongios variațiile rezistenței și capacității în funcție de frecvență devin importante, ceea ce arată că într-un acumulator de plumb variațiile cu frecvența a polarizării sînt datorate fenomenelor de interacțiune între plumb spongios și acid sulfuric.

Suprafața interfacială de contact între plumb și acid sulfuric a electrozilor poate fi apreciată din măsurătorile capacității acumulatorului. La o frecvență de 1 000 Hz ea este de 6F; comparînd-o cu capacitatea specifică a cuplului plumb-acid sulfuric care este de 12 $\mu F/cm^2$, se poate deduce că suprafața de contact este de 500 000 cm^2.

Autorul discută și unele aspecte ale reacțiilor de încărcare și descărcare a acumulatorului, arătînd pe baza modificării potențialelor electrozilor, că participarea ionilor de plumb în prima faza a acestor reacții nu este probabilă.

L.F

RECENZII

CZ 621.313.045

R.RICHTER: Manual de bobinajele mașinilor electrice, G. Braun, Karlsruhe, 1952.

Lucrarea constituie reeditarea după 32 de ani a lucrării clasice a lui Richter, care a făcut epocă în dezvoltarea teoriei bobinajelor mașinilor electrice. După cum arată autorul în introducere, cartea este destinată învățămîntului superior pentru aprofundarea de către studenți prin studiu individual a cunoștințelor din domeniul vast al bobinajelor mașinilor electrice, care nu poate fi îmbrățișat decît foarte sumar în cadrul cursului de Mașini Electrice.

Cartea cuprinde 3 părți mari: I. Bobinajele cu colector; II. Bobinajele de curent alternativ (fără colector); III. Procedee pentru proiectarea bobinajelor.

În prima parte, după o foarte scurtă prezentare a noțiunilor fundamentale și a clasificărilor, se tratează ca introducere bobinajul simplu în inel, din care se deduce foarte elegant bobinajul corespunzător buclat în tobă. Bobinjul buclat dublu se deduce de asemenea din cel dublu în inel, iar apoi bobinajul ondulat se prezintă ca derivat din cel buclat, ceea ce arată înlănțuirea logică a diferitelor tipuri de bobinaje. Bobinajele sînt prezentate atît pentru cazul $u = 1$, cît și pentru cazul $u > 1$ (simple și în trepte), justificîndu-se foarte simplu de ce din punct de vedere electric toate crestăturile elementare pot fi reprezentate pe axa crestăturii reale care în scheme este reprezentată printr-o singură linie. Pentru cele două tipuri de bobinaje se dau exemple asupra execuției ca bobinaj încrucișat și ca bobinaj neîncrucișat, făcîndu-se comparație între ele, în ceea ce privește consumul de cupru și polaritatea periilor; foarte sugestivă în această privință este seria de scheme din fig. 19, în care se arată trecerea de la bobinaje buclate neîncrucișate la cele încrucișate, prin schimbarea între ei a pașilor elementari.

Bobinajele echipotențiale sînt tratate foarte detaliat și ca o parte organică a bobinajului însuși, ceea ce corespunde faptului că majoritatea bobinajelor de curent continuu se construiesc astăzi cu conexiuni echipotențiale, și constituie un merit al acestei cărți față de acelea care prezintă conexiunile echipotențiale ca un apendice auxiliar al bobinajului. Chiar și condițiile de simetrie ale bobinajelor sînt enunțate în strînsă legătură cu posibilitatea de executare a conexiunilor echipotențiale și încă se face distincția între cele de o singură parte și cele de ambele părți ale indusului. Foarte pregnant este arătată clasificarea conexiunilor echipotențiale în cele de ordinul I, II sau III, după funcția pe care o îndeplinesc. Interesant și original este calculul, însoțit de exemple numerice, al curenților de egalizare din conexiunile exhipotențiale I. Cu multă meticulozitate sînt studiate conexiunile echipotențiale pentru bobinajele ondulate, arătîndu-se cazurile în care aceste conexiuni cumulează funcțiunile celor de ordinul I sau II, ceea ce este important dat fiind că, după cum arată autorul, și în cazul bobinajelor ondulate pot apărea, datorită nesimetriei sistemului inductor, curenți de circulație prin conexiunile echipotențiale I. Interesant este menționarea conexiunilor pseudo-echipotențiale, utilizate pentru bobinajele ondulate cu $p/m \neq n.t$.

În tabela 1, de mare utilitate practică, se arată numerele de crestături elementare cu care se poate realiza un bobinaj ondulat cu parametrii p, a și u dați. Ca un mijloc de ieșire din relația rigidă dintre aceste numere sînt prezentate bobinajele cu bobine oarbe și artificial închise și menționate cele cu cuprinsul polar supraunitar (tip Sequenz). Prezentarea bobinajelor cu colector se încheie cu bobinajele în broască arătîndu-se între altele și avantajul pe care-l prezintă un astfel de bobinaj dublu pentru motoarele trifazate cu colector, cu decalaj de perii.

Cu o concizie și claritate magistrale este tratată în cîteva rînduri problema alegerii tipului de bobinaj, plecîndu-se de la formula f.e.m., relația dintre puterea mașinii și dimensiunile ei liniare și condiția unui factor de umplere bun al crestăturii. De asemenea, se sintetizează, pe scurt, observațiile referitoare la influența execuției bobinajului asupra comutației.

Partea a doua a lucrării „Bobinajele de curent alternativ" se împarte în două părți mari: a) bobinajele obișnuite; și b) bobinajele cu număr de poli comutabili. În prima parte, după o foarte scurtă introducere a noțiunilor fundamentale și a clasificărilor, sînt tratate în primul rînd bobinajele trifazate cu q întreg într-un strat, clasificate în bobinaje cu capete de bobine triple și duble, după care sînt amintite în treacăt bobinajele mono- și bifazate. Urmează bobinajele trifazate cu q întreg în două straturi deduse din cele într-un strat, atît cele buclate cît și cele ondulate. Pentru acestea din urmă, utilizate mai ales la rotoare, se fac observații foarte interesante, pe baza unui exemplu concret, asupra posibilităților de executare a legăturilor de întoarcere și a ieșirilor simetrice la inele, precum și de reducere a tensiunii dintre straturile dintr-o crestătură.

Un loc important este rezervat bobinajelor cu q fracționar într-un strat și în două straturi, tratîndu-se în mod detaliat exemple de astfel de bobinaje pentru diferite relații între numerele de poli și de crestături. Pentru aceste bobinaje, ca și pentru toate celelalte de curent alternativ, se examinează și variantele cu țeserea fazelor sau cu lărgirea zonei de fază, ca mijloace de ameliorare a formei curbei f.m.m. (fără să se menționeze, decît în treacăt, că importanța practică prezintă astfel de modificări numai pentru bobinajele cu număr de poli comutabili). Folosirea fasciculului de raze al unei faze, extras din steaua f.e.m. s-a dovedit un mijloc comod pentru calculul factorilor unor astfel de bobinaje modificate.

Pentru proiectarea schemelor bobinajelor cu q fracționar s-a folosit în diverse exemple schema crestăturilor, care constă în a grupa după un mijloc mecanic diversele crestături în zonele de fază. Într-un paragraf special, desigur unul dintre cele mai interesante ale lucrării, se arată comparativ formele — ciudate uneori — ale curbelor f.m.m. ale diferitelor bobinaje cu q fracționar, examinate anterior, indicîndu-se modificările de adus bobinajelor pentru micșorarea disimetriei acestor curbe. Interesantă este relevarea posibilității apariției unor subarmonici, unele cu perioada egală cu periferia indusului, care dau un cîmp pulsatoriu aproape complet amortizat în cazul rotorului în colivie. Gradul de deformare a curbei f.m.m. este evaluat cantitativ prin calculul coeficientului de scăpări diferențiale, pentru care se indică un procedeu de calcul comod. Într-un capitol următor sînt tratate bobinajele în bare, într-un strat și în două straturi și ca o variantă a acestora, foarte interesantă dar rar întîlnită în practică, bobinajul parțial paralel, în care o parte din bare sînt legate în serie și o parte (de secțiune mai mică), în paralel; se amintesc pe scurt măsurile constructive adoptate pentru reducerea efectului pelicular în bare.

Această mare parte a lucrării se încheie prin examinarea — lucru pe care nu-l găsim în alte tratate de bobinaje — a condițiilor necesare pentru ca liniile inducției magnetice să nu se închidă prin axul mașinii și a efectului magnetizant al legăturilor frontale, în legătură cu care se apreciază critic diferitele tipuri de bobinaje. Însfîrșit, se arată foarte concentrat domeniul de utilizare al tuturor bobinajelor de curent alternativ descrise.

Tratarea bobinajelor cu număr de poli comutabili formează poate partea cea mai bine închegată și mai vie a întregii cărți, în mare parte datorită faptului că aici aprecierea comparativă critică și multilaterală însoțește fiecare grup de variante descrise. În introducere se stabilesc, pentru două numere de poli, rapoartele dintre parametrii de funcționare ai mașinii asincrone, arătîndu-se în ce cazuri aceasta trebuie proiectată pentru numărul de poli mai mare, respectiv mai mic.

În primul rînd sînt tratate pe larg diversele variante ale bobinajelor cu raportul numerelor de poli 2 :1, care se compară foarte pregnant între ele din punctul de vedere al numărului de borne, al factorilor de bobinaj și al dispersiei diferențiale, precum și al inducțiilor în întrefier, acordîndu-se o atenție specială conexiunii Dahlander (Δ/YY). În continuare sînt tratate bobinajele cu raportul numărului de poli diferit de 2 :1, cele cu mai mult de două posibilități de comutare,

cu comutarea de la q întreg la q fracționar, bobinajele bifazate, bobinajele de tip de curent continuu cu prize, bobinajele rotorice, în legătură cu care se discută problema foarte interesantă a condițiilor necesare pentru ca două bobinaje rotorice în paralel pe inele să nu se influențeze. Deși bobinajele de excitație nu sînt tratatein restul lucrării, într-un paragraf special se arată, pe bază de exemple, unele foarte ingenioase, extrase din brevete de invenții, posibilitățile de comutare a numărului de poli de excitație, aparenți sau înecați. O sinteză, pe cît de concisă pe atît de completă, a concluziilor privind domeniul de utilizare a diferitelor tipuri de bobinaje cu număr de poli comutabili, încheie acest mare capitol al lucrării.

Atît prima cît și a doua parte a lucrării este urmată de o scurtă expunere asupra construcției bobinajelor și a tehnologiei bobinării. Deși acest părți ocupă numai circa 10 % din volumul lucrării, ele sînt foarte valoroase, prin prezentarea unor forme constructive dintre cele mai moderne în fotografii excepțional de sugestive (care de altfel se întîlnesc și în partea II) și prin faptul că, alături de numeroase date numerice uzuale, nu lipsește explicația rațiunii fizice pentru care se adoptă diferite detalii constructive (de exemplu, succesiunea straturilor izolante în crestătură etc).

În partea a III-a a lucrării se fundamentează pe scurt : a) expresia f.e.m. induse ; b) construcția stelei f.e.m. a crestăturilor și calculul factorului de bobinaj și c) curba f.m.m., în legătură cu care se reamintesc formulele de calcul ale coeficienților de scăpări diferențiale și contrucția poligonului lui Görge al f.m.m. Steaua f.e.m. a fost folosită și cu ocazia expunerii diferitelor tipuri de bobinaje, dar mai mult ca o ilustrare, în cazurile cele mai simple ; de altfel autorul arată în introducere că, deși steaua f.e.m. constituie puntul de plecare al proiectării oricărui bobinaj, el a preferat să indice pentru acest scop procedee care conduc mai simplu și mai sigur la rezultat.

Cartea se încheie printr-o bibliografie la zi, cuprinzînd 110 titluri.

O astfel de dispunere a materialului lucrării, care desigur contribuie la continuitatea primelor două părți ale ei, ar putea părea totuși curioasă, dacă nu ținem seama de caracterul cărții, care, în ciuda titlului ei, este mai curînd un tratat decît un manual și poate fi studiată cu folos de cineva care cunoaște cursul de Mașini Electrice, la care se fac de altfel referiri frecvente.

Materialul expus este foarte bine sistematizat și complet dar volumul expunerii diferitelor chestiuni este condiționat exclusiv de cantitatea variantelor posibile ale unui tip dat de bobinaj, fără a se grada în funcție de importanța practică a acestuia. Tratarea fiecărei chestiuni în parte este făcută din puntul de vedere al proiectantului, adică se arată nu numai modurile de realizare ale unui bobinaj cu caracteristici date, ci se studiază comparativ și posibilitățile existente la toate relațiile posibile între parametri (sintetizate uneori în tabele) precum și variantele impuse de eliminarea unora sau altora dintre dezavantaje, citîndu-se rezultatele unor cercetări recente, ale comportării în exploatare a unor bobinaje pretențioase sau unele brevete de invenții. Exemplele alese sînt tipice și tratate întotdeauna pînă la sfîrșit, inclusiv chestiunile adiacente și calculele diferitelor mărimi. Expunerea extrem de riguroasă și de concentrată, reclamă multă atenție în urmărire. Ea este presărată cu observații esențiale și cuprinzătoare, făcute cu profunzimea și totodată ușurința unui autor de talia lui Richter ; din păcate însă — și această trăsătură este proprie autorului — chestiunile esențiale nu sînt reliefate față de cele neesențiale.

În concluzie, lucrarea de față se distinge prin bogăția materialului expus, care aproape că epuizează tipurile de bobinaje folosite astăzi, precum și prin faptul că tratarea este multilaterală, făcută în legătură cu toți ceilalți parametri și aspecte ale funcționării mașinilor electrice. Mai ales sub acest din urmă raport, cartea recenzată ocupă un loc aparte în literatura despre bobinaje.

Ing. **J. Weisman**

CZ 624.85 : 621.34

N.V. BOȚAN, L. SEBASTIAN și N. POEATA : Acționarea electrică și utilajul electric al podurilor rulante normale. Editura tehnică, București, 1956, 332 pag.

Autorii au reușit cu această lucrare să completeze o lipsă mare din literatura noastră din domeniul acționărilor electrice.

În capitolul I care are un caracter introductiv se descriu elementele principale ale unui pod rulant.

Capitolul II, care este și cel mai mare, tratează la început toate motoarele electrice folosite în acționarea podurilor ea rulante dîndu-se caracteristicile ce vor fi necesare la alegera acestor motoare. Mai departe urmează prezentarea aparatelor electrice de comandă și reglare, adică : controlere, rezistențele de pornire și de reglare a vitezei de rotație și electromagneții de frînare.

Din această parte se remarcă în mod deosebit calculul reostatelor asimetrice care este tratat mai pe larg decît în literatura de specialitate.

Urmează imediat protecția instalațiilor și aparatele electrice de protecție unde se dau numeroase scheme practice ceea ce face ca această parte să aibă o extindere deosebită.

La protecția contra încărcării celor două cîrlige cu o sarcină totală mai mare decît sarcina maximă a cîrligului mare, se dă în fig. 2.99 schema unui întreruptor de suprasarcină pentru ambele cîrlige, ceea ce reprezintă o contribuție a autorilor.

În ultima parte a acestui capitol se prezintă instalația electrică pentru racordarea motoarelor și aparatelor electrice, instalația electrică de iluminat și încălzit, precum și instalația de semnalizare electrică.

Capitolul III ce tratează frînarea electrică și reglajul vitezei de rotație la coborîre este tratat amplu și cu multă competență. Ordinea de tratare este următoarea : frînarea electrică la sistemele acționate cu motor derivație de curent continuu ; cu motor serie de curent continuu ; cu motoare asincrone și apoi cu motoare de curent alternativ cu colector.

Se remarcă de asemenea contribuția autorilor la schema electrică pentru comanda unui motor de repulsie pentru acționarea mecanismului de ridicare la un pod rulant redat în fig. 3, 16.

În ultima parte a acestui capitol se dau sistemele speciale de reglare a vitezei de rotație și anume :

a) reglajul vitezei de rotație la mecanismele acționate cu motor derivație prin șuntarea rotorului și introducerea unei rezistențe adiționale ;

b) reglajul vitezei de rotație la mecanismele acționate cu motor serie prin șuntarea rotorului și a înfășurării de excitație ;

c) frînarea subsincronă la motorul asincron trifazat.

La ultimul punct se analizează frînarea subsincronă prin alimentarea monofazată a motorului asincron trifazat, frînarea cu fază inversată și frînarea subsincronă a mecanismelor acționate cu două motoare cuplate pe același arbore.

Frînarea subsincronă a constituit o preocupare de cercetare științifică a autorilor ceea ce face ca această parte să fie foarte bine tratată și să prezinte unele părți originale, ca de exemplu controlerul tobă pentru frînarea cu fază inversată (fig. 3.34).

În ultimul capitol se dau schemele electrice ale controlerelor, tablourilor de distribuție și schemele electrice generale ale podurilor rulante de curent continuu și curent alternativ.

În fig. 4.24 este prezentată schema electrică generală de lucru a căruciorului rulant experimental din laboratorul de Utilizări al Institutului Politehnic din Iași care a servit la verificarea unei părți din materialul prezentat.

În anexe se dau caracteristicile motoarelor electrice folosite la macarale, caracteristicile conductoarelor precum și unele scheme de conexiuni ale controlerelor.

Viitoarea ediție a acestei lucrări va trebui completată pe de o parte cu echipamentele electrice ce eventual se vor construi în fabricile noastre și pe de altă parte cu un proiect complet de pod rulant, cu toate că acest lucru s-a făcut parțial la fiecare capitol.

Din examinarea în ansamblu a cărții se ajunge la concluzia că aceasta conține un număr deosebit de mare de scheme practice și exemple numerice la fiecare problemă cercetată, încît este un bun manual pentru proiectarea părții electrice a podurilor rulante.

Materialul bibliografic cercetat, completat cu experiența autorilor în acest domeniu a făcut ca această carte să fie o lucrare de sinteză deosebită ce conține și părți originale și din care cauză este la înălțimea lucrărilor similare din literatura străină.

Prof. Dr. ing. **V. Corlățeanu**

G. DOETSCH: Îndrumător pentru aplicarea practică a transformării Laplace Ed. R. Oldenburg, München, 1956, 198 p.

Cartea prof. dr. G. Doetsch are drept scop de a pune la îndemîna fizicienilor şi inginerilor un îndrumar practic privind utilizarea transformării Laplace în diversele aplicaţii. Într-o serie de lucrări anterioare, autorul a expus principiile şi aplicaţiile transformării Laplace, cu deosebită competinţă, lucru care i-a creat o reputaţie mondială în acest domeniu.

Primul capitol se ocupă de definirea şi proprietăţile generale ale transformării Laplace insistîndu-se asupra sensului fizic al integralei Laplace cît şi asupra transformării funcţionale pe care o introduce. Capitolul II tratează regulile de calcul în transformarea Laplace. Se dau 10 reguli de calcul privind următoarele cazuri: substituţii liniare, diferenţieri, integrări, produse.

Capitolul al treilea se ocupă de ecuaţiile diferenţiale ordinare. Se expun ecuaţiile diferentiale de ordinul întîi, doi şi apoi de ordinul n, unde se observă cazul cînd zerourile numitorului sînt diferite (poli simpli) şi zerouri egale (pol multipl). Se trece apoi la calculul funcţiei impuls (Dirac) ca funcţie de intrare. Un alt paragraf se ocupă de sistemele de ecuaţii diferenţiale, la a căror rezolvare, transformarea Laplace aduce simţitoare avantaje de calcul prin obţinerea unor sisteme de ecuaţii algebrice. Se deosebesc cazurile: sisteme cu structuri diferite pe diverse intervale şi sisteme cu valori iniţiale.

Capitolul 4 expune calculul ecuaţiilor de diferenţe cu variabile şi discontinue.

Capitolul 5 se ocupă de rezolvarea ecuaţiilor cu derivate parţiale. Un paragraf dă indicaţii generale asupra modului de aplicare a transformării Laplace în cazul ecuaţiilor cu derivate parţiale, cu condiţii iniţiale şi de frontieră, prin care se obţin ecuaţii diferenţiale ordinare. Apoi se trece la rezolvarea unor ecuaţii clasice: ecuaţia căldurii şi ecuaţia telegrafiştilor.

Capitolul 6 expune calculul ecuaţiilor integrale omogene şi neomogene de tipul multiplicativ şi relaţii integrale care rezultă din aplicarea transformatei inverse a unor ecuaţii algebrice.

Capitolul 7 se ocupă de calculul funcţiunii originale din funcţiunea imagine cu ajutorul integralei complexe inverse şi dezvoltarea în serie.

Capitolul 8, ultimul capitol al lucrării, tratează o problemă foarte importantă, pentru practică şi anume comportarea asimptotică a funcţiilor şi problema stabilităţii. Într-un paragraf se dau unele teoreme asupra limitelor de valabilitate. Apoi se expune noţiunea generală a reprezentării asimptotice şi dezvoltării asimptotice a funcţiilor, după care se tratează dezvoltarea asimptotică a funcţiunii imagine şi funcţiunii original; după aceasta se examinează problema stabilităţii sistemelor fizice.

În anexă se dau tabele practice judicios întocmite privind aplicarea transformatei Laplace.

Lucrarea se prezintă la un nivel înalt, totuşi accesibil celor care posedă noţiunile elementare ale calculului operaţional. Expunerea diverselor metode de calcul este completată de numeroase exemple numerice luate din cazurile ivite în tehnică sau fizică. Metoda de calcul este expusă sistematic şi intuitiv. Inteligibilitatea comodă este realizată şi prin condiţiile grafice superioare în care se prezintă lucrarea. Pentru fizicieni şi ingineri ea reprezintă un auxiliar preţios în aplicarea transformatei Laplace care se impune tot mai vital în problemele practice ce se ivesc continuu în ţara noastră.

L.L.

CRONICĂ

100 ani de la naşterea lui Heinrich Hertz

22 februarie 1957 s-au împlinit 100 de ani de la naşterea marelui fizician german Heinrich Hertz, descoperitorul undelor electromagnetice. Născut la Hamburg dintr-o familie de mici burghezi, Hertz a arătat încă din tinereţe aptitudini deosebite pentru studiul ştiinţelor naturii, prin metode experimentale. Şi-a început studiile de specialitate la facultatea de construcţii a Politehnicii din Dresda, trecînd în curînd la studiul fizicii. A avut ca profesori la Universitatea din Berlin pe Kirchhoff şi pe Helmholtz care l-au ajutat în cariera sa didactică şi ştiinţifică. În scurt timp a publicat o serie întreagă de lucrări ştiinţifice de valoare, în diferite domenii ale ştiinţelor fizice. Pentru electrotehnicieni este interesant de ştiut că Hertz a dezvoltat o teorie a atingerii corpurilor elastice, care stă azi la baza studiului contactelor puntiforme şi a fost ulterior confirmată experimental. După o perioadă de doi ani petrecuţi la Universitatea din Kiel ca docent, Hertz a acceptat în 1885 o chemare la catedra de fizică a şcolii politehnice din Karlsruhe. Avînd la dispoziţie mijloace experimentale mai ample, a început cercetările sale fundamentale privind propagarea electricităţii. În contrazicere cu teoria electrodinamică a lui Biot-Savart, care presupunea o transmitere instantanee a efectelor electrodinamice indiferent de mediu, Hertz a urmat ipotezele lui Faraday care a fondat teoria propagării acţiunii din aproape în aproape, cu un rol prepoderent al mediului. Maxwell îmbrăcînd în haină matematică aceste ipoteze a observat că fenomenul inducţiei electromagnetice se poate inversa în sensul că variaţia cîmpului electric ar trebui să dea naştere la un cîmp magnetic care nu este prin urmare restrîns la magneţi şi electromagneţi. Pentru verificarea experimentală a acestei ipoteze Helmholtz a instituit un premiu care a fost cîştigat de Hertz prin experienţe care au arătat influenţa izolatoarelor asupra oscilaţiilor electrice ale unui inductor. După acest prim succes, Hertz a atacat verificarea experimentală a altor consecinţe din teoria lui Maxwell şi a reuşit după construcţia unui „oscilator" special denumit după dînsul, să descopere existenţa fizică a undelor electromagnetice, dovedind că ele prezintă toate propietăţile caracteristice ale undelor de lumină în speţă, reflecţia, refracţia şi interferenţele. Astfel, teoria electromagnetică a luminii a fost demonstrată. Aceste rezultate au provocat o enormă senzaţie în lumea ştiinţifică. Hertz a continuat studiile completînd teoria matematică a lui Maxwell la forma ei cunoscută azi de toată lumea (vectorul lui Hertz). Tot Hertz a observat că scînteia între eclatoare este favorizată de radiaţiile ultraviolete ale unei lămpi cu arc.

În 1889 Hertz a fost chemat ca urmaş a lui Clausius la catedra de fizică a Universităţii din Bonn. Aici a publicat cîteva studii interesante asupra razelor catodice, devenind şi în acest domeniu un pionier.

Hertz a murit la 1 ianuarie 1894 de septicemie în vîrstă de abia 37 de ani.

Influenţa lucrărilor sale asupra electrodinamicii, electrotehnicii, telecomunicaţiilor, a fost covîrşitoare. Puţini ani după moartea lui Hertz, Popov în Rusia şi Marconi în Italia şi Anglia, au reuşit să stabilească comunicaţii radiotelegrafice pe distanţe din ce în ce mai mari.

Undele electromagnetice prezise teoretic de Maxwell şi descoperite experimental de Hertz, au pătruns profund în viaţa oamenilor epocii noastre sub forma radiodifuziunii, televiziunii etc. şi au devenit un factor important din punct de vedere politic, economic şi cultural pentru toate popoarele lumii.

În electrotehnică, geniul lui Hertz a contribuit la fondarea teoriei liniilor lungi, importantă pentru transmisia energiei la foarte mari distanţe.

Electricienii din toate ţările au cinstit numele luiHertz prin hotărîrea CEI de a denumi după el unitatea de frecvenţă, o mărime de cea mai mare importanţă pentru tehnica undelor şi a curenţilor alternativi.

A. A

Lucrări ale C E I

CZ 621.319.4 : 621.316.727(0837)621.315.53

Comitetul tehnic nr. *33* a elaborat în 1953 „Specificaţia pentru condensatoare de forţă pentru reţele" partea 1-a şi a 2-a, apărută ca recomandare CEI (publicaţia 70—1 şi 70—2). Această specificaţie acoperă domeniul condensatoarelor de forţă pentru frecvenţe sub 100 Hz. Lucrările actuale ale comitetului se referă la alte tipuri de condensatoare de forţă. În reuniunea de la München, ţinută între 4 şi 6 iulie 1956, s-au discutat proiecte ale altor asemenea specificaţii.

Specificaţie pentru condensatoare de forţă pentru frecvenţe medii

Proiectul acestei specificaţii în a treia redactare acoperă gama de condensatoare de forţă pentru frecvenţe între 100 şi 20 000 Hz, destinate a fi utilizate în diferite circuite cu excepţia reţelelor de distribuţie. Proiectul de specificaţie cuprinde 5 părţi, care s au discutat complet, hotărîndu-se ca o nouă redactare să fie trimisă pentru aprobare după regula celor şase luni.

Partea A. *Generalităţi*, care cuprinde domeniul de aplicare, obiectul şi terminologia n-a suferit modificări decît la terminologie, unde s-au adăugat noţiunile de : ciclu nominal de lucru (rated duty cicle) şi factor nominal de lucru (rated duty factor), indicînd ciclul compus din perioada de lucru la puterea nominală şi perioada de repaus pentru care este proiectat condensatorul. De menţionat că specificaţia cuprinde atît condensatoarele răcite cu aer (temperatura ambiantă 40°C) cît şi cele răcite cu apă (temperatura apei 35°C).

Partea B. *Reguli de securitate*, cuprinzînd condiţiile pentru dispozitivele de descărcare (reducerea tensiunii reziduale la maximum 50V în 1 minut pentru condensatoare sub 660 V şi în 5 minute pentru condensatoare peste 660 V) şi borna de conexiune a cutiei nu a suferit nici o modificare.

Partea C. *Reguli de calitate şi încercări*, a fost mai mult discutată. Astfel, tangenta unghiului de pierderi se măsoară la o tensiune sinusoidală aşa încît puterea aparentă a condensatorului să fie cu 20 % mai mare decît cea nominală făcîndu-se corecţii dacă frecvenţa diferă cu mai mult de' 10% de cea nominală.

Încercarea de stabilitate termică prevede ţinerea timp de 48 ore a condensatoarelor sub tensiune cu o putere de 1,2 ori puterea nominală. Se măsoară tangenta unghiului de pierderi care nu trebuie să crească şi nici să nu aibe variaţii mai mari de cele prescrise.

Incercarea capacităţii şi puterii şi încercarea de rigiditate dielectrică nu s-au schimbat. Puterea nu trebuie să difere mai mult de — 5 %... + 15 % de cea nominală.

Încercarea de rigiditate între borne se face cu curent continuu cu tensiune egală cu 4,3 U_n şi cu curent alternativ cu 2,15 U_n. Încercarea între borne şi cutie se face cu tensiunea 2 U_n + 1 000 V (cu minimum 2 000 V).

Partea D. *Caracteristici nominale*, dă indicaţiile care trebuie date pe plăcuţa indicatoare (fabricant, seria de fabricaţie, puterea sau capacitatea nominală, tensiune nominală, frecvenţa nominală, dispozitivul de descărcare, temperatura maximă, factorul nominal de lucru) şi tensiunea şi curentul maxim admisibil.

Partea E. *Directive pentru instalare şi utilizare.* Această parte care cuprinde indicaţii cu privire la condiţiile electrice de lucru, la răcire cu aer sau cu apă s-au discutat destul de mult, în special asupra condiţiilor de răcire.

Specificaţia pentru condensatoare serie, pentru reţelele energetice

Proiectul acestei specificaţii care acoperă condensatoare şi bateriile de condensatoare destinate compensării longitudinale a reţelelor a fost discutat într-o a doua redactare la Londra în 1955, rămînînd unele chestiuni în discuţie, care pe baza unui chestionar a secretariatului au fost reluate la reuniunea de la Munchen. S-au discutat, în special, următoarele chestiuni :

Tensiunile nominale şi încercările de rigiditate dielectrică între borne. S-a căzut de acord să se definească în afară de tensiunea nominală U_n şi tensiunea de o secundă U_s, nesta blindu-se nici o relaţie între U_n şi U_s.

Încercarea de rigiditate dielectrică între borne raportată la U_n se face ca la condensatoare derivaţie (4,3 U_n curent continuu şi 2,15 U_n curent alternativ — 10 s).

Încercarea de rigiditate la tensiunea U_s a dat naştere la multe discuţii. Nu s-a acceptat propunerea secretariatului ca după încercare (tensiunea U_s timp de 1 s) să nu difere capacitatea cu mai mult de 2 %, ca nedînd indicaţii asupra stării izolaţiei. S-a căzut de acord că dacă nivelul lui U_s nu depăşeşte o valoare critică, încercările se pot repeta fără pericol de străpungere, pe cînd în caz contrar şi o singură încercare de o secundă provoacă străpungerea. Deoarece nu s-au putut defini metodele de a constata dacă efectul aplicării tensiunii U_s n-a dus la începerea procesului de ionizare se vor discuta în continuare diferite metode de verificare încercarea de 1 s. (Ţinerea sub tensiune 1,5 U_n 100 ore, sau 2,15 U_n — 10 s sau 1,2 U_n 48 ore etc.).

Incercarea de descărcare. Nici asupra acestei încercări nu s-a căzut de acord, formîndu-se un grup de lucru care colaborînd cu comitetul Nr. 18 CIGRE să propună o metodă de încercare, făcîndu-se încercări cu raportul $\frac{U_s}{U_n}$ de 2,5...4,5.

Încercarea trebuie să conste, în principiu, în încercarea condensatorului (ajuns la echilibru termic sub 1,2 U_n) la tensiunea $\sqrt{2}\ U_s$ şi descărcarea lui de 5 ori în 20 s (s-a propus de două ori în 10 s), după care se conectează imediat la 1,2 U_n timp de 15 s. Ciclul se repetă de un număr de ori (s-a discutat asupra cifrelor 20,40 şi 80 ori).

Suprasarcini admisibile. Propunerile secretariatului pentru supratensiuni de funcţionare (datorită apelurilor de putere anormale în reţea) au fost menţinute :

1,1 U_n	— maximum	2 ore
1,35 U_n	— maximum	30 min
1,5 U_n	— maximum	5 min

puterea reactivă medie (în 24 ore) nedepăşind pe cea nominală. Supratensiunile tranzitorii (provenite din defecte în reţea) se vor definitiva împreună cu încercările de descărcare. Deocamdată a fost reţinută valoarea $\sqrt{2}\ U_s$, valoare maximă, cu durata cumulată de maximum 1 s.

Alegerea tensiunilor nominale. Metoda de alegere a caracteristicilor condensatorului în funcţie de cele ale reţelei în domeniul tensiunilor se referă la U_n, în funcţie de funcţionarea normală şi U_s în funcţie de supratensiunile tranzitorii.

Tensiunea nominală U_n se alege în funcţie de ciclul de sarcină, luînd valorile cele mai mari ale tensiunilor la bornele condensatoarelor rezultînd din analiza acestui ciclu aplicat 5 min, 30 min şi 2 ore, împărţite respectiv cu 1,5 ; 1,35 şi 1,1.

Tensiunea de o secundă U_s se ia pornind de la tensiunea limită U_{lim} a protecţiei condensatorului contra supratensiunilor. Se ia $U_s < 0{,}85\ U_{lim}$ pentru descărcătoare fără autoextindere şi $U_s < 0{,}7\ U_{lim}$ pentru descărcătoare cu autoextindere.

În cazul că protecţia este prevăzută să nu lucreze în cazul unor supratensiuni anumite, trebuie verificată dacă valoarea aleasă ca mai sus este satisfăcătoare. Verificarea se face cu formule de calcul care dau valoarea eficace a tensiunii de perforare E_b în funcţie de timpul t_b pînă la perforare în domeniul duratelor foarte scurte, cu formula

$$t_b = \left(\frac{U_s}{E_b}\right)^{14}$$

Această metodă a fost pusă în discuţie şi va fi studiată de grupul de lucru.

Afară de aceste probleme s-a discutat întregul text al celei de a treia redacţii a proiectului insistîndu-se mai mult asupra încercări de stabilitate termică, valorile tensiunilor de încercare între borne şi pămînt, supraîncercări admisibile,

dispozitive de protecţie contra supratensiunilor, fenomene perturbatoare, care pot apare în reţea (fero-rezonanţă, autoexcitarea motoarelor).

S-a acceptat adăugarea unor dispoziţii privitoare la măsurile de luat la protecţia liniilor, pe care se găsesc condensatoare serie şi la datele ce trebuie furnizate la comandă, de client.

Specificaţia pentru condensatoare de forţă pentru reţele partea a 3-a. Condensatoare pentru utilizare în condiţii tropicale

Proiectul acestei specificaţii (continuarea publicaţiei 70—1 şi 70—2) a circulat după regula celor 6 luni. Termenul de 6 luni nefiind expirat şi neprimindu-se decît o singură observaţie — ea nu s-a putut discuta, rămînînd pentru o viitoare reuniune.

Cooperarea cu comitetul CIGRE nr. 18

S-a hotărît o listă de subiecte care să fie date acestui comitet pentru a se stabili păreri comune în domeniul utilizării condensatoarelor în reţelele electrice.

Comitetul tehnic nr. 7-aluminiu şi-a ţinut reuniunea sa la München la 2 şi 3 iulie 1956 discutînd următoarele probleme :

Specificaţia pentru fire de aluminiu tare industrial pentru conductoare electrice

Proiectul, trimis pentru aprobare în octombrie 1955 după regula celor 6 luni, a întrunit numărul necesar de 4/5 de voturi pentru. Cîteva ţări însă au votat împotrivă, sau au avut obiecţii. U.R.S.S. şi S.U.A. au cerut valori mai mici pentru rezistivitate, Germania a cerut valori mai mari, iar Canada a avut obiecţii de redactare. Cu toate acestea după ce delegatul german şi-a retras obiecţiunea s-a hotărît propunerea spre publicare ca recomandare CEI. Cele mai importante prevederi sînt :

Rezistivitatea (la 20°C) max. 0,02845 Ω mm²/m.

Ca valoare convenţională s-a acceptat valoarea 0,028264 (1/27 Ω mm²/m .

Rezistenţa la întindere — minimum 15 kgf/mm².

Densitate — 2,703.

Coeficientul de temperatură — 0,00403/°C.

Coeficient de dilatare liniară — 0,000023/°C.

Specificaţie pentru aluminiu pentru bare de conexiuni

Proiectul, care a fost trimis pentru aprobare după regula celor 6 luni, în urma acceptării de comitetele naţionale, s-a adoptat ca recomandare CEI. Următoarele caracteristici principale au fost recomandate .

Rezistivitate (la 20°C) max. 0,0290 Ω mm²/m.

Greutatea specifică 2,703 kg/dm³.

Coeficient de temperatură al rezistenţei electrice 0,00393/°C.

Coeficient de dilatare liniară 0,000023/°C.

Specificaţie pentru fire de aluminiu industrial în altă stare decît tare

Secretariatul a pregătit un anteproiect de specificaţie pentru calitate moale, 1/2 tare şi 3/4 tare. Din discuţiile purtate s-au dedus diferenţe în standardele diferitelor ţări membre. Pentru punerea de acord a cifrelor secretariatul urmează să întreprindă o anchetă pentru a căpăta informaţii de la Comitetele Naţionale.

Sudarea firelor de aluminiu şi de aliaje de aluminiu

Această problemă a fost pusă în discuţie dacă intră în atribuţiile Comitetului Tehnic nr. 7. Pentru clarificare se va face o anchetă de către secretariat.

Specificaţie pentru sîrma de oţel zincat pentru conductoare din oţel aluminiu

În reuniunea de la Londra din 1955 se căzuse de acord asupra unei specificaţii pentru sîrma de oţel zincată după tragere.

S-a căzut de acord ca acest proiect să fie completat de către Comitetul Naţional Englez cu o a doua parte privind firele de oţel zincat înainte de tragere, acoperind o categorie de fier cu alungire redusă, care a început să fie utilizată. După oarecare discuţii care n-au schimbat decît ca redactare propunerea britanică, s-a hotărît trimiterea acestui nou proiect pentru aprobare după regula celor 6 luni. Pentru ambele tipuri de propunere :

Rezistenţa de rupere la întindere : 133,6 kgf/mm² corespunzînd unei tensiuni mecanice minime pentru o alungire de 1 % de 112,5 kgf/mm².

Densitatea : 7,80 kg/dm³.

Coeficient de dilatare liniară : 0,0000115/°C.

Modul de elasticitate : 20 000 kgf/mm².

Pentru conductoarele zincate după tragere se prescriu valori numerice ale alungirilor de 4—5 % (în funcţie de diametru).

Pentru conductoarele trase după zincare se prescrie o probă de ductibilitate constînd din înfăşurarea a opt spire pe un dorn de diametru egal cu al firului şi apoi din desfăşurarea a 7 spire fără rupere.

Încercarea acoperirii galvanice a firelor de oţel zincat

O propunerea a secretariatului, după discuţii destul de lungi şi contradictorii şi cu modificări, a fost acceptată să circule după regula celor 6 luni. Proiectul acceptat prevede următoarele probe :

a) *Greutatea păturii de zinc.* Metoda se bazează pe cîntărirea unor epruvete zincate de 300 — 600 mm lungime, atacarea stratului de zinc într-o soluţie de clorură de antimoniu 5 % în acid clorhidric concentrat şi cîntărirea după îndepărtarea stratului de zinc.

b) *Aderenţa stratului de zinc.* Proba constă în înfăşurarea firului zincat pe un dorn de 4 şi 5 ori diametrul firului, fără să se producă crăpături sau exfolieri a păturii de zinc.

c) *Uniformitatea stratului de zinc.* Această probă a cărei valabilitate a fost pusă în dicuţie de unii delegaţi este aşa numita probă a lui Preece. Ea constă în imersiuni succesive de cîte 1 minut a eprubetelor zincate într-o soluţie de sulfat de cupru. Numărul de imersiuni pînă la apariţia primei pete de cupru aderent pe fier indică grosimea minimă a stratului de zinc.

Subcomitetul 7 — 1. Aliaje de aluminiu Subcomitetul s-a întrunit la München la 30 iunie 1956.

Specificaţia pentru fire din aliaje de aluminiu de tip Al-Mg-Si

Aliajele de tip Al—Mg—Si se fabrică de peste 30 de ani, (s-au produs peste 50 000 t în total) şi sînt utilizate pentru conductoare simple sau cu oţel la linii de diferite feluri de telecomunicaţii sau de energie electrică puse la cele mai mari tensiuni. Ele sînt cunoscute comercial sub diferite denumiri ca Aldrey (Germania, Austria, Italia, Elveţia), Almelec (Franţa, Italia), Aluedem 513 (Elveţia), Elran (Austria), F 54 (Italia), ne mai fiind protejate de brevete. Specificaţia de acest tip de aliaj a fost definitivată la Munchen ca rezultat al votului după regula celor 6 luni, decizîndu-se de către Comitetul de Acţiune publicarea ca recomandare CEI.

Domeniul de aplicare a recomandării urmează să fie acel al firelor din aliaj de aliminiu de tip Al—Mg—Si pentru conductoare electrice, conţinînd circa 0,50 % magneziu şi 0,50 % siliciu.

Rezistivitatea trebuie să fie inferioară cifrei de 0,0 328 Ω mm²/m(la + 20°C).

Rezistenţa de rupere la întindere trebuie să fie peste 30 kgf/mm².

Alungirea minimă pentru fire de 1,5 la 4 mm diametru 4 %.

Densitate 2,7 kg/dm³.

Coeficient de rezistenţă măsurat la masă constantă.

Coeficient de dilatare liniară 0,000023/°C.

Bare de conexiuni din aliaje de aluminiu

Secretariatul a fost însărcinat să întocmească un proiect de normă (Acest proiect a fost întocmit şi difuzat în noiembrie 1956).

Conf. Ing. **Gh. Lazaride**

Tîrgul de mostre de la Leipzig 3-14 martie 1957

Urmînd o veche tradiţie, în oraşul Leipzig (R.D.G.) la întretăierea unor mari artere de comunicaţie între est şi vest, se organizează în fiecare an, de două ori (primăvara şi toamna) un mare tîrg internaţional tehnic şi de mostre. Tîrgul de primăvară, mai mare de obicei, este în plină ascensiune, volumul contractărilor mărindu-se de la 2,9 miliarde dolari în 1952 la 4,4 miliarde dolari în 1955. Sînt speranţe ca în acest an să se atingă plafonul de 5 miliarde dolari.

Expun 40 de ţări în afară de cele două Germanii. Printre ţările străine care organizează expoziţii, pe primul loc se află Uniunea Sovietică a cărei expoziţie se întinde pe o suprafaţă de 12 000 m² şi unde se vor arăta 30 de tipuri de noi maşini-unelte, combine diferite, aparate de televiziune, autoturismul nou „Volga" etc. Pe locul al doilea se află R. Cehoslovacă, care expune pe o suprafaţă de 6 300 m² produsele sale, apoi Franţa cu o suprafaţă de 3 800 m². Mai prezintă expoziţii colective R.P.F. Jugoslavia, R.P. Polonă, R.P. Ungară, R.P. Bulgară. R.P. Chineză expune 4 000 de produse diferite, între care un turbogenerator de 6 000 kW. Materiale şi produse electrotehnice expun între altele: R.P. Bulgaria — aparate de proiectare a filmelor, R.P. Ungară — aparate de măsură electrice şi aparate Roentgen, R.P.F. Jugoslavia — diferite materiale electrotehnice, Elveţia — maşini mici şi de precizie, Marea Britanie — aparate de televiziune, de reglare automată etc.

R.F.G. expune pe o suprafaţă de 35 000 m² un sortiment bogat de produse tehnice, între care cele electrotehnice sînt foarte larg reprezentate. Prin natura lucrurilor, suprafaţa cea mai mare este ocupată de R.D.G. care participă cu produse în toate cele 55 de sectoare ale marelui tîrg. Aici se expun, între altele, uriaşele excavatoare de lignit cu puteri instalate de ordinul a 10 000 kW. Un loc de seamă îl au maşinile unelte copiatoare. Se prezintă noile serii de maşini electrice generatoare şi motoare cît şi transformatoare standardizate. Fabrica Zeiss Jena îşi expune cunoscutele sale produse optice şi de precizie. Fabrica TFW expune un mic microscop electronic cu un raport de mărire de 10^5 : 1 şi o comandă automată foarte comodă. Fabrica Hescho expune cunoscutele sale produse de porţelan electrotehnic, între care izolatoarele de trecere de 220 şi 380 kV.

S-au anunţat vizitatori din 50 de ţări.

Despre produsele electrotehnice speciale expuse, se vor da detalii în numerele viitoare ale revistei.

A.A

In legătură cu problema normării şi reducerii progresive a consumului specific de energie electrică în întreprinderile industriale

CZ 374.6 : 62 : 061.2

În continuarea acţiunilor pe care Asociaţia noastră, prin Secţia Energetică şi Electrotehnică, le organizează în vederea normării şi reducerii consumurilor specifice de energie, a avut loc în decembrie 1956 la Iaşi consfătuirea privind reducerea consumului specific de energie electrică în întreprinderile textile, de hîrtie şi celuloză şi metalurgice, din Moldova. Consfătuirea a fost pregătită de către Filiala A.S.I.T. împreună cu Institutul Politehnic Iaşi, cu îndrumarea şi colaborea directă a Secţiei Energetică şi Electrotehnică a Consiliului Central A.S.I.T. Au luat parte ingineri, tehnicieni şi specialişti energeticieni din întreprinderile industriale din Regiunile Iaşi, Bacău Galaţi şi Suceava, precum şi din instituţii centrale şi institute de cercetări şi învăţămînt din restul ţării.

Cele zece referate prezentate au fost întocmite de specialişti din instituţiile centrale interesate şi de cadre didactice, ale Institutului Politehnic Iaşi şi au tratat problema în ceea ce priveşte metodologia, măsurile tehnico-organizatorice, întreţinerea şi repararea maşinilor şi utilajului energetic, îmbunătăţirea factorului de putere, rolul energeticianului etc.

Prin referatul său, conf. I. Lazaru de la Institutul Politehnic Iaşi a prezentat situaţia producţiei şi consumului de energie în ţara noastră şi importanţa folosirii raţionale a energiei în întreprinderile industriale.

În referatul care a urmat s-a subliniat rolul energeticianului în cadrul activităţii întreprinderii industriale, modul în care acesta trebuie să conlucreze cu conducerea întreprinderii şi cu masele de muncitori.

Ing. V. Caracudovici de la Institutul de Energetică al Academiei R.P.R., după ce a prezentat realizările de la noi şi din alte ţări în problema consumurilor specifice de energie, a arătat importanţa şi modul de organizare a unei evidenţe, măsuri pregătitoare pentru metode, determinarea consumului specific de energie electrică, precum şi măsuri de reducere a consumului specific.

Conf. ing. N. Moldoveanu a analizat în referatul său organizarea unităţilor energetice în cadrul ministerelor, direcţiilor generale industriale şi a întreprinderilor şi echiparea acestora din urmă cu aparate de măsurare şi control a energiei. A tratat de asemenea problema utilizării de indici şi norme de consumuri specifice spre a face posibilă printre altele şi constatarea economiilor realizate.

În referatul său, ing. E. Lăzărescu, a tratat problma stabilirii, normării şi raţionalizării consumurilor specifice de energie în industria textilă, arătînd cum sînt încadrate întreprinderile cu energeticieni, cum sînt dotate cu aparatele necesare, cum colaborează cu institutele şi organele interesate în această problemă şi rezultatele studiilor şi lucrărilor realizate în cadrul Ministerului Industriei Uşoare.

Un alt referat, prezentat de prof. dr. ing. N.V. Boţan, a privit metodologia stabilirii şi normării consumului specific de energie electrică în întreprinderile metalurgice prelucrătoare, sublinînd superioritatea metodei prin calcul.

S-a prezentat de asemenea un referat privind problema consumurilor de energie în sectorul celuloză şi hîrtie.

Colectivul catedrei de utilizări electrice a Institutului Politehnic Iaşi a prezentat un referat privind cauzele care determină creşterea consumului de energie reactivă şi mijloacele naturale şi artificiale de reducere a acestei energii.

Un colectiv din cadrul aceleeaşi catedre a prezentat referatul privind măsuri tehnico-organizatorice pentru reducerea progresivă a consumului specific de energie, în care au fost expuse şi rezultatele cercetărilor şi măsurile recomandate întreprinderii „Victoria" de către un colectiv al filialei A.S.I.T. — Iaşi

Ing. M. Vasilciuc a prezentat apoi din partea catedrei de maşini şi aparate de la Institutul Politehnic Iaşi, un referat tratînd problema reparaţiilor maşinilor electrice.

În concluziile consfătuirii s-a stabilit că în ultimul timp s-au făcut o serie de studii în întreprinderile industriei uşoare, şi anume la fire şi ţesături de bumbac, precum şi unele studii parţiale în infudustria hîrtiei şi celulozei.

La tratarea problemei şi la dezvoltarea interesului în acest sens au dus însemnate contribuţii A.S.I.T., Institutul de Energetică al Academiei R.P.R. şi Inspecţia Energetică.

Situaţia este totuşi nesatisfăcătoare deoarece progresele realizate sînt foarte reduse. Sectorul energetic industrial nu este încă organizat corespunzător prevederilor hotărîrilor Consiliului de Miniştri. Problemele sectorului energetic sînt neglijate de conducerile tehnice şi administrative, ale ministerelor şi întreprinderilor şi unii energeticieni de asemenea nu ţin seama de o serie de aspecte tehnico-economice ale problemei, contribuind astfel la menţinerea unei situaţii nefavorabile. Sarcinile şi drepturile energeticienilor nu au fost încă reglementate printr-un regulament de organizare şi funcţionare. S-a observat, de asemenea, că industria electrotehnică nu a satisfăcut cererea de aparate de măsurare electrice şi de utilaj necesar amelio-rării factorului de putere.

Lucrările consfătuirii s-au încheiat cu stabilirea unor recomandări către organele interesate. Aceste recomandări, prevăd analizarea de către A.S.I.T. împreună cu conducerile ministerelor industriale, a situaţiei aplicării recomandărilor tehnico-organizatorice ale consfătuirilor ante rioare cu aceeaşi temă.

Könyvtár

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.313.222.012 : 621.3.045.31

D. P. Morozov und *V. I. Stoica*:

Elektrisches und mechanisches Betriebsverhalten des Gleichstrom-Reihenschlussmotors mit einer durch Graetz-Schaltung gespeisten Erregung.

Electrotehnica, V (1957) H. 3, S. 69

Verfasser schlagen eine neuartige Speisung der Erregerwicklung des Gleichstromhauptstrommotors, die durch Germanium-Gleichrichter in Graetz-Schaltung erfolgt. Es zeigt sich, dass damit Vorteile besonders im Anlaufund Umkehrbetrieb verbunden sind. Der neue Motor wird, in verschiedenen Betriebsarten (Anlauf, Umkehr, dynamische Bremse, Generator mit Stromrückgewinung), untersucht wobei sich, durch Vergleich mit der Regelbauweise die Vorteile klar herausstellen.

DK 621.318.423 : 621.315.53

V. I. Nitu

Bedingungen zum Ersatz des Kupfers mit Aluminium in Kurszschlussdrosselspulen

Electrotehnica, V (1957) H. 3, S. 77

In Zuge des Ersetzens von Kupfer durch Aluminium in elektrischen Anlagen wird die Möglichkeit der Einführung von Aluminiumleitern in Kurzschlussdrosselspulen untersucht. Die mechanischen und thermischen Beanspruchungen der Leiter im normalen Betrieb und im Kurzschlussfall werden theoretisch verfolgt, und über Versuche berichtet die Verfasser für die Feststellung der Temperaturverteilung in der Wicklung angestellt hat. Diese stimmen mit der Berechnung gut überein und stellen eine gute Grundlage für die Planung derartiger Drosselspulen.

DK 621.316.13.025.3 : 621.317.382.016.24

D. Fränkel

Messung der maximalen Wirkstrom und Dissymetrieleistung in Drehstromsystemen.

Electrotehnica, V(1957) H. 3, S. 82

Es wird ein Ausdruck für die grösste Wirkstromleistung und für die Bewertung der Dissymmetrie in Drehstromsystemen abgeleitet. Daraus ergeben sich Anleitungen für die Messung dieser Grössen.

MEINUNGSAUSTAUSCH

DK 538.551.4 : 511.24

Über die Berechnung der Wechselstromleistung mittels komplexer Zahlen

Pl. Andronescu: Bemerkungen

I. S. Antoniu: Antwort

Electrotehnica, V (1957) H. 3, S. 85

REFERATE, S. 89

BUCHBESPRECHUNG, S. 95

CHRONIK, S. 97

COENTNTS

DC 621.313.222.011 : 621.3.045.31

D. P. Morozov and *V. I. Stoica* :

Electromechanic parameters of a series D. C. motor with Graetz-bridge connected exciter winding

Electrotehnica, V (1957) 3, p. 69

The authors proposes a new exciter winding connection of the series D. C. motor introducing a Graetz-bridge Germanium rectifier feeding of this winding. Different functioning conditions (starting, inversion, dynamic braking, generator with regaining energy) are studied and advantages of the new exciter connexion pointed out

---

DC 621.318.423 : 315.53

V. I. Nitu

Conditions for the replacing of copper with aluminium in shortcircuit reactance coils

Electrotehnica, V (1957) 3, p. 77

After a short discussion of the possibilities to introduce aluminium instead of copper conductors in short-circuit reactance coils, the author considers the mechanic and thermic effects and points out the behaviour of aluminium conductors. The results of some temperature measurements are compared with the analytic expressions, a good concordance having been reached.

DC 621.316.13.025.3 : 621.317.382.016.24

D. Fränkel :

Measuring maximum active and dissymmetric power in 3-phase systems

Electrotehnica, V (1957) 3, p. 82

By expressing the highest active and dissymmetric power in 3-phase systems, the author points out possibilities for measuring these parametres in accordance with the theory developed.

DISCUSSIONS

DC 538.551.4 : 511.24

On A. C. power calculus using complex quantities.

Pl. Andronescu : Remarks

I. S. Antoniu : Answer

Electrotehnica, V (1957) 3, p. 85

ABSTRACTS, p. 89

BOOKS, p. 95

CHRONICLE, p. 97

MAŞINI ELECTRICE

CZ 621.313.322
Guilbert, A. :
Alternatoarele homopolare şi reacţia indusului lor.
Rev. gen. Electr. 40 (1956) 4, p. 228—238

CZ 621.313.322.072.9
Csaki Fr.
Metode de autosincronizare a generatoarelor sincrone
Electrotechnika, Budapest 49 (1956) 2, p. 36—45

CZ 538.542 : 62.313.042.3
Fodor G. :
Efectul pelicular în renurile maşinilor electrice
Electrotechnika, Budapest 49 (1956)2, p. 55—61

CZ 621.313.322—81:621.317.333
Malavery, J. E.
Incercarea izolaţiei unui turbogenerator
Electr. Engng. 75 (1956) 3, p. 232—235

CZ 621.318.4.017.7
Dexter, I. J.
Calculul termic al unei bobine polare impregnate
Electr. Engng. 75 (1956) 3, p. 258—263

CZ 621.313.323:621.316.717
White I. C.
Calculul performanţelor de pornire ale motorului sincron
Electr. Engng 75 (1956) 5, p. 430.

MĂSURĂTORI ELECTRICE

CZ 621.316.823.087:621.315.1
Carteron, J., Fromy, E., Prakocimer, B. :
Echipament de înregistrare a perturbaţiilor radioelectrice datorite liniilor de transport de energie
Rev. gen. Electr. 40 (1956) 4, p. 203—208

CZ 621.317.7.083.6.001.24
Schenel, L. :
Metodă de calcul al instrumentelor de măsură cu două bobine
Electrotechnika, Budapest 49 (1956)2, p. 13—23

MATERIALE ELECTROTEHNICE

CZ 621.318.32
Gador, L. :
Proprietăţile lichidelor magnetice
Electrotehnika, Budapest, 49(1956)2, p. 46—54

CZ 621.315.611.015.51
Vajda, G. :
Străpungerea materialelor electroizolate solide
Electrotechnika, Budapest, 49 (1956)1, p. 4—13.

APARATE ELECTRICE

CZ 621.316.35.014.3 : 518.3
*Meszner*k *S.* :
Nomogramă pentru determinarea forţelor de scurt-circuit dintre barele de curenţi tari
Electrotechnika, Budapest, 49 (1956) 1, p. 23—26

CZ 621.316.57.064.26
Jennings, J. E., Schwager, A. C., Ross, H. C. :
Intreruptor cu vid pentru sistemele energetice
Electr. Engng 75 (1956) 5, p. 350—354.

CZ 621.316.57.064.45
Smith, G. C., Mg. Keorgh, D. H. :
Un nou tip de întreruptor cu aer comprimat
Electr. Engng 75 (1956) 5, p. 446—450.

CZ 621.316.57.064.25
Bonine, R. O. : *Sellers, L.R.*
Reconstruirea întreruptoarelor în ulei de la *3.500* MVA la *10.000* MVA
Westinghouse Engng. 16 (1956) 6, p. 188—189

TEHNICA TENSIUNILOR INALTE

CZ 621.311.1.048
Ballaschi, P.L. :
Izolaţie redusă în sistemele energetice la cele mai înalte tensiuni
Electr. Engng. 75 (1956) 11, p. 990—993.

CZ 621.317.333.6.027.3:621.33
Mewson, J. K., Stafford, D. E.
Aparat de încercare a izolaţiei la înaltă tensiune şi utilizarea lui la încercarea echipamentului traeţiunii electrice
Electr. Engng. 75 (1956) 11, p. 1006—1009.

CZ 621.315.684 : 315.172.0273
Buttel, W., DSorgemicht, W. :
Limitele solicitării termice la elemele de susţinere pentru conductoarele liniilor de înaltă tensiune
Electrotechn. Z. A. 77 (9156)9, p. 275—279.

ELECTROCHIMIE

CZ 621.355
Pesty, L. :
Cîteva probleme referitoare la acumulatoarele moderne
Electrotechnika, Budapest, 49 (1956) 2, p. 79—86.

CZ 621.355.2
Ssobath-Robert Odon
Incărcarea continuă a acumulatoarelor staţionare cu plumb
Electrotechnika, Budapest, 49 (1956)2, p. 86.

CZ 620.197.5
Edwards, W. E.,
Aspecte electrochimice ale coroziunii subterane şi a protecţiei — catodice
Electr. Engng. 75 (1956) 10, p. 907—912.

AMPLIFICATOARE MAGNETICE

CZ 621.375.3.011.6
Johnson, L. J., Ranch, S. E. :
Amplificator magnetic cu constantă de timp redusă
Electr. Engng. 75 (1956) 3, p. 243.

CZ 621.314.7.07:621.375.3
Collins, H. W. :
Controlul prin amplificatoare magnetice, al transistorilor în regim de comutare
Electr. Engng. 75 (1956) 7, p. 821.

NORME ŞI STANDARDE

CZ 621.316.37.027.415 (083.1)
Fleck, B. :
Noi prescripţii VDE pentru montajul instalaţiilor de curenţi tari cu tensiune de funcţionare de *1* kV şi peste *1* kV
Electrotechn. Z. A, 77 (1956) 11, p. 339—341

DIVERSE

CZ 621.3 : 061.43 (430)
Electrotehnica la expoziţia industriei germane la Hanovra *1956*
Electrotehn. Z. A., 77 (1956) 12,, p. 353—392

CZ 621.311.1 (S)
Muller, L. :
Economia electroenergetică în Uniunea Sovietică
Electrotechn. Z. A., 77 (1956) 11, p. 335—339.

LEI 5

KAT

ELECTROTEHNICA

Institut. de documentare tehnică
BUCUREȘTI

4

Electrotehnica Anul V Nr. 4 aprilie 1957

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU, prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, prof. dr. ing. A. AVRAMESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R. (redactor responsabil), ing. V. BUNEA, laureat al Premiului de Stat, prof. dr. ing. V. CORLĂȚEANU, conf. ing. D. DAMSKER, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. ST. GROSU, conf. ing. GH. HORTOPAN, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. G. LAZARIDE, prof. dr. ing. R. RĂDULET, membru corespondent al Academiei R.P.R. laureat al Premiului de Stat.

Recomandări privind întocmirea articolelor tehnico-științifice

1. *Lucrări ce pot fi prezentate spre publicare sînt: de importanță generală, tehnico-științifice speciale, teoretice sau experimentale și tehnice obișnuite.*
2. *Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învățămînt, producție, este condiția esențială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuție trebuie să se refere la probleme noi și actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde considerații privind eficiența economică a soluțiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.*
3. *Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.*
4. *Lucrări care au mai fost publicate integral sau parțial, nu pot fi trimise redacției spre publicare*
5. *Un scurt rezumat fixînd premizele de la care s-a pornit, problema studiată și cadrul în care este tratată, nedepășind 6—8 rînduri, se va anexa lucrării.*
6. *În introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei și în preocupările producției; de asemenea se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuția autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permițînd inteligibilitatea fără dificultăți a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstrații voluminoase; de asemenea se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată, sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.*
7. *Concluziile vor concentra rezultatele obținute cu indicarea limitei de valabilitate și aplicațiilor posibile.*
8. *Anexele pot cuprinde demonstrații originale sau absolut necesare înțelegerii formulelor din text; de asemenea în anexe se pot da exemple de calcul.*
9. *Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmațiile luate din alte lucrări și care nu sînt în general cunoscute.*
10. *Nivelul articolelor va fi înalt.*
11. *Dezvoltările matematice vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului. Pentru demonstrații se vor alcătui anexe.*
12. *Se recomandă o atenție deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grije literele majuscule, minuscule sau cele ruseți, romane, grecești, germane etc.*
13. *Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît și figuri sau tabele) speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale. Pentru cărți: numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet (eventual și tradus în paranteză), ediția, editorul, locul editării, anul. Pentru articole: numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus în paranteze), revista tomul, anul, numărul, paginile.*
14. *Scrisul la mașină al articolelor este recomandat cu insistență exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură față, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.*
15. *Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicații.*
16. *Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. În notă se vor indica: titluri academice, funcțiuni, localitatea și adresa domiciliului, număr de telefon.*
17. *Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora de publicare.*
18. *Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 ore de la primire. Nu se admit modificări esențiale față de manuscris, în care caz ele cad în sarcina autorului.*

Revista „Electrotehnica", organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Grele Editor: Asociația Științifică a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. Redacția: București, Str. Ion Gnica nr. 3, telefon 3 57 28 — 3 07 30. Administrația și Casieria: București, Cal. Victoriei 118, telefon 4 06 24. Redacția își rezervă toate drepturile privind lucrările precum și materialul grafic—ilustrativ apărut în revistă cît și cele privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase, referate sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei. Revista apare lunar. Abonamentul anual: pentru întreprinderi lei 96 și individual lei 30. Prețul unui exemplar: lei 5. Abonamentele se primesc la sediile administrației sau redacției, sus indicate. Tiparul Întreprinderea Poligrafică nr. 3. București.

ELECTROTEHNICA

Anul V Nr. 4 aprilie 1957

SUMAR

CZ 621.3 : 061.C.E.I.
Comisia Electrotehnică Internațională
Electrotehnica, V (1957) nr. 4, p. 101

CZ 621.313.32.001 : 621.317.081.4
Colnăreanu, I. :
Divizor de tensiune capacitiv pentru rețele energetice
Electrotehnica, V (1957) nr. 4, p. 102

După un studiu comparativ al divizoarelor capacitive de tensiune este descris divizorul de tensiune realizat la ICPET, prin folosirea lanțului de izolatoare de 110 kV. Divizorul servește la măsurarea tensiunii liniei și dă erori de ± 5%.

CZ 621.315.1.05 : 621.317.727
Nedelcu, V. :
Sistemele de unități relative folosite în teoria mașinii sincrone
Electrotehnica, V (1957) nr. 4, p. 106

Sînt prezentate cele două sisteme de mărimi și unități relative folosite în studiul teoretic al mașinilor sincrone. Se dau ecuațiile mașinii scrise în ambele sisteme. Se face o comparație între ele indicîndu-se avantajele și dezavantajele fiecăruia.

CZ 621.352.32
Fihman, L.
Pile moderne cu electrodul pozitiv din bioxid de mangan
Electrotehnica, V (1957) nr. 4, p. 113

Articolul conține descrierea perfecționărilor aduse în ultimii ani pilei cu bioxid de mangan-zinc (Leclanché) de tip clasic. Problemele tratate sînt : curba căderii de tensiune, creșterea capacității, măsurile împotriva polarizării și a coroziunii etc.

DISCUȚII
CZ 621.3.025.4 : 512.98
Folosirea operatorilor complecși la studiul circuitelor electrice polifazate
Andronescu, Pl. Observații
Antoniu I. S. Răspuns
Electrotehnica V (1957) nr. 4, p. 119

REFERATE, p 122
CRONICA, p. 129

Könyvtár
TULAJDONA

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ȘI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI GRELE

Anul V Nr. 4 București, aprilie 1957

Comisia Electrotehnică Internațională

CZ 621.3:061 CEI.

În sesiunea de la 26 iunie la 6 iulie 1956 din München, țara noastră a fost admisă, începînd cu data de 1 ianuarie 1957, a 32-a țară membră a Comisiei Electrotehnice Internaționale (CEI). Pentru organizațiile electrotehnice ale țării noastre, în special pentru Comitetul Electrotehnic Romîn (CER), rezultă din această cinste, sarcini importante care se refrîng pînă la sfîrșit asupra celor mai de seamă ingineri electricieni din Republica Populară Romînă.

Comisia Electrotehnică Internațională a fost creată în 1904 cu scopul de a contribui la unificarea la nivel internațional a definițiilor, terminologiei, normelor și prescripțiilor naționale privind electrotehnica. De la acea dată CEI s-a dezvoltat continuu ajungînd astăzi organizația electrotehnică internațională cea mai importantă[1]). Ea coordonează nu numai mișcarea de unificare a normelor și dispozițiilor privind electrotehnica, dar colaborează cu numeroase (23) alte organizații internaționale care lucrează în domenii apropiate. CEI emite „Recomandări" nu hotărîri obligatorii, dar țările membre consideră o datorie a lor de a face toate eforturile spre a adapta normele și standardele lor naționale la recomandările CEI. Între țările membre ale CEI se numără: Elveția, Germania, Franța, Marea Britanie, India, Italia, Jugoslavia, Polonia, Cehoslovacia, Suedia, Ungaria, Uniunea Sovietică și Statele Unite ale Americii. Uniunea Sovietică susține în mod constructiv activitatea CEI și va organiza și găzdui următoarea sesiune, care se va deschide la 2 iulie a. c. la Moscova.

Pentru a reprezenta țara noastră la marile conferințe internaționale în domeniul energeticii și electrotehnicii, s-a creat în cadrul A.S.I.T. „Comitetul Național Romîn pentru participarea la conferințele internaționale electrotehnice și energetice". Acest comitet constituit în noiembrie 1956 a înființat „Comitetul Electrotehnic Romîn" destinat de a reprezenta țara noastră la Comisia Electrotehnică Internațională. Președintele Comitetului Electrotehnic Romîn este prof. dr. ing. Remus Răduleț, membru corespondent al Academiei R.P.R. Comitetul Electrotehnic Romîn a hotărît a repartiza munca unui număr de 12 colective de lucru conduse de către un responsabil și întrunind cei mai iluștri specialiști romîni din domeniul respectiv. Cele 12 colective de lucru trebuie să acopere întreg cîmpul de activitate CEI care se manifestă în cele 42 de comitete tehnice, fiecare colectiv preluînd 2—5 comitete tehnice.

Planul de activitate CER pe anul 1957 se axează pe următoarele probleme principale: a) adaptarea terminologiei electrotehnice romînești la vocabularul electrotehnic al CEI; b) adaptarea standardelor de stat la recomandările CEI în vigoare; c) colaborare la lucrările curente ale CEI și d) pregătirea participării R.P.R. la sesiunea CEI din iulie 1957 la Moscova.

Facem un călduros apel la toți inginerii electricieni și de altă specialitate, invitați de către CER a lua parte la lucrările colectivelor de lucru, de a-și da contribuția lor entuziastă și neprecupețită, pentru ca țara noastră, care dispune de iluștri electricieni și de o serie întreagă de remarcabili ingineri electricieni să poată fi reprezentată cît mai demn și mai calificat la lucrările CEI în general și la întrunirea de la Moscova în special.

După cum a remarcat Dl. P. Ailleret, președintele Comitetului Electrotehnic Francez, țările participante la CEI nu au făcut niciodată să se simtă importanța lor după numărul populației sau după consumul de energie în kWh,

[1]) O expunere succintă a organizării și activității CEI a apărut în Rev. Standardizarea (1956) nr. 12, de M. Bercovici și G. Lazaride.

ci din contra, influența diferitelor țări, depinde de contribuția lor reală și constructivă, la recomandările CEI sau la adoptarea întocmai a acelor recomandări.

Comitetul Electrotehnic Romîn are greaua sarcină de a se introduce treptat în lucrările CEI și de a da după o scurtă perioadă de adaptare o contribuție esențială. Pentru aceasta întrunirea de la Moscova este un prilej unic și pregătirea participării R.P.R. este de cea mai mare urgență și importanță.

În acest scop trebuie să se studieze înainte de toate documentele CEI care se află la secretariatul CER (la Comisia de Standardizare str. Edgar Quinet nr.6, tel. 6.01.06), să se pregătească prin studii și cercetări un punct de vedere care se va discuta și se va definitiva în colectivele de lucru și apoi în completul CER.

Avînd în vedere importanța covîrșitoare a activității CEI, în domeniul clarificării noțiunilor, a fixării terminologiei și definițiilor electrotehnice, a unificării normelor, prescripțiilor și standardelor privind construcția, instalarea și funcționarea mașinilor, aparatelor, materialelor și instalațiilor electrice, și în ultimă instanță pentru a asigura posibilitatea mărită a unui export de mașini și materiale electrotehnice, sîntem siguri, că toți inginerii electricieni invitați a colabora vor da neprecupețit contribuția lor în interesul electrotehnicii romînești, în interesul patriei noastre, Republica Populară Romînă.

Divizor de tensiune capacitiv pentru rețele energetice

Ing. IOSEF COTNĂREANU *)

O serie întreagă de aparate și dispozitive de protecție și măsură folosite în instalațiile de înaltă tensiune nu necesită precizii prea mari care să justifice folosirea transformatoarelor de tensiune. De aceea divizoarele capacitive devin mijlocul cel mai eficace și mai puțin costisitor pentru alimentarea voltmetrelor, releelor de protecție, a aparatelor de sincronizare etc. În articol după un studiu general al divizoarelor de tensiune este descris divizorul de tensiune realizat la ICPET prin folosirea lanțului de izolatoare de 110 kV. Divizorul este destinat pentru măsurarea tensiunii liniei și dă erori de aproximativ ±5%

CZ 621.313.32.001 :621.317.081.4

Divizoarele de tensiune capacitive se pot folosi, cu succes, înlocuind în numeroase instalații transformatoarele de tensiune, piese grele costisitoare și pretențioase. Divizoarele se pot utiliza pentru alimentarea voltmetrelor, releelor, a aparatelor de sincronizare etc., unde eroarea de măsură de $\pm 5\%$ sau $\pm 6\%$ este acceptabilă [1].

Teoretic, un divizor de tensiune capacitiv se compune dintr-un număr n de capacități conectate în serie, cărora li se aplică tensiunea de măsurat U. Aparatul de măsură se aplică la bornele uneia din capacități, de valoare C_n. Dacă valoarea capacității totale este C, tensiunea la bornele capacității C_n va fi :

$$u = U \frac{C}{C_n}. \qquad (1)$$

Dacă cele n capacități sînt egale, relația (1) devine :

$$u = \frac{1}{n} U. \qquad (2)$$

Un lanț de izolatoare de suspensie pentru liniile de înaltă tensiune este constituit dintr-un număr de izolatoare identice, adică reprezintă n capacități egale, conectate în serie. Teoretic rezultă o tensiune u, conform relației (2). În realitate, tensiunea nu se repartizează uniform pe izolatoarele lanțului, astfel încît ultimul element dintr-un lanț de 6 izolatoare preia numai 8 % din tensiunea aplicată (teoretic $16{,}6\%$).

Izolatoarele de trecere de tip condensator, se pot considera analoge lanțului de izolatoare. Ultima armătură este legată de pămînt, iar divizorul este realizat printr-o priză executată la penultima armătură. Industria noastră fabrică izolatoare de tip condensator pentru 35 kV, neprevăzute însă cu o priză specială pentru măsura capacitivă, la penultima armătură.

În U.R.S.S. se construiesc izolatoare de trecere tip condensator de 110 kV, de o construcție specială în vederea aplicării sistemului de măsură prin divizor de tensiune capacitiv.

În cele ce urmează se vor prezenta studiile efectuate în vederea aplicării unui divizor de tensiune capacitiv la lanțurile de izolatoare pentru 110 kV și la izolatoarele de trecere tip condensator pentru 35 kV.

Schemele de măsură aplicate curent în acest scop se pot clasifica în două categorii : scheme ampermetrice și scheme voltmetrice.

Scheme ampermetrice

În schemele ampermetrice se măsoară curentul de încărcare al izolatorului sau o derivație a lui. Acest curent este proporțional cu tensiunea aplicată. Schema cea mai rudimentară ar permite intercalarea unui instrument de măsură între ultimul izolator și pămînt. Evident o

*) Ing. *I. Cotnăreanu* este cercetător la Institutul de cercetări și proiectări electrotehnice.

asemenea soluție nu este aplicabilă din cauza pericolului pe care l-ar implica o întrerupere în bobina instrumentului, ceea ce ar însemna o întrerupere a legăturii la pământ. Din această cauză schemele ampermetrice s-au dezvoltat spre măsurarea unui curent de derivație, într-un circuit auxiliar.

Lanțul de izolatoare de linie 110 kV este compus din 8 izolatoare de suspensie, fiecare având o capacitate de aproximativ 42 pF. Divizorul capacitiv va fi constituit, deci, dintr-o capacitate echivalentă primelor 7 izolatoare în serie $C_1 = 6$ pF și din capacitatea $C_2 = 42$ pF a celui de al 8-lea izolator (fig. 1). Circuitul de măsură cu impedanța $\bar{Z}_3$ se conectează în paralel cu capacitatea C_2. Impedanța rezultantă $\bar{Z}$ a circuitului paralel provoacă o modificare în repartizarea tensiunilor de-a lungul lanțului de izolatoare datorită unui efect de șunt al impedanței $\bar{Z}_3$. Această modificare are două consecințe :

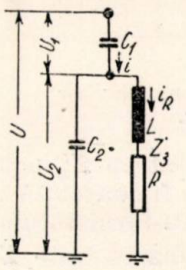


Fig. 1. Schema ampermetrică a unui divizor de tensiune capacitiv.

1) provoacă o suprasolicitare nedorită a primelor izolatoare, și

2) provoacă o reducere a tensiunii și deci a puterii, la bornele circuitului de măsură.

Notăm :

$$\bar{Z}_1 = \frac{\mathrm{j}}{\omega C_1}\,;\ \bar{Z}_2 = -\frac{\mathrm{j}}{\omega C_2}\,;\ \bar{Z}_3 = R + \mathrm{j}\omega L.$$

în care $\bar{Z}$ este impedanța circuitului paralel;

$\bar{Z}_T$ — impedanța totală a lanțului de izolatoare;

$\bar{Z}_0$ — impedanța totală a lanțului de izolatoare în cazul $\bar{Z}_3 = \infty$

Dacă se consideră $\bar{Z}_3 = R$, vom avea :

$$Z = \frac{R}{\sqrt{1 + (\omega C_2 R)^2}} \qquad (3)$$

și

$$\bar{Z}_T = \bar{Z}_1 + \bar{Z}. \qquad (4)$$

Raporturile $K_1 = \frac{Z_2}{Z}$ și $K_2 = \frac{Z_0}{Z_T}$ dau o imagine asupra deformării repartiției tensiunii, în cazul unei impedanțe $\bar{Z}_3$ ohmice. În tabela 1 se dau valorile acestor rapoarte pentru diverse valori ale lui R. Apare necesară introducerea în circuit a unei rezistențe de ordinul zecilor de M Ω. Prezența unei rezistențe atît de mari în circuitul de măsură reprezintă un consum de putere pe care va trebui să-l luăm în considerație. Modificarea repartiției tensiunii pe un lanț de izolatoare este indicată în tabela 1.

Tabela 1

Modificarea repartiției tensiunii pe un lanț de izolatoare

R MΩ	$K_1 = \frac{Z_2}{Z}$	$K_2 = \frac{Z_0}{Z_T}$
5	15	1,14
30	2,73	1,095
80	1,38	1,052
120	1,18	1,028
150	1,13	1,021
200	1,08	1,017
300	1,038	1,011
400	1,025	1,010
800	1,01	1,007

Păstrînd unitățile din tabela 1 și notînd : $Y = \frac{1}{Z}$ admitanța circuitului paralel se găsește :

$$Y = \sqrt{\left(\frac{R}{R^2 + \omega^2 L^2}\right)^2 + \left(\omega C_2 - \frac{\omega L}{R^2 + \omega^2 L^2}\right)^2} \qquad (5)$$

$$Z_T = \frac{1}{\omega C_1 Y}\sqrt{\omega^2 C_1^2 + Y^2} \qquad (6)$$

Pentru cazul particular în care $L\,\omega \ll R$ relația de mai sus devine :

$$Z_T = \sqrt{\left[\frac{R}{1 + (\omega C_2 R)^2}\right]^2 + \left[\frac{1}{\omega C_1} + \frac{\omega C_2 R^2}{1 + (\omega C_2 R)^2}\right]^2} \qquad (7)$$

Curentul de fugă în lanțul se izolatoare rezultă :

$$I = \frac{U}{Z_T}. \qquad (8)$$

Căderea de tensiune pe condensatorul C_1 rezultă

$$U_1 = \frac{I}{\omega C_1}. \qquad (9)$$

Căderea de tensiune pe circuitul paralel :

$$U_2 = I\,Z \qquad (10)$$

între U_1 și U_2 există un decalaj de fază care depinde de parametrii circuitului.

Curentul în circuitul de măsură este :

$$I_R = \frac{U_2}{R}. \qquad (11)$$

Puterea disponibilă în circuitul de măsurat este

$$P = R \cdot I_R^2 \qquad (12)$$

Aplicație în cazul lanțului de izolatoare 110 kV. În acest caz avem :

$$C_1 = 6.10^{-12}\ \mathrm{F}$$

$$C_2 = 42.10^{-12}\ \mathrm{F}$$

$$U = 64.10^3\ \mathrm{V}$$

Pe baza relațiilor (7—12) se găsesc datele din tabela 2.

Este de remarcat că puterea în circuitul de măsură variază în funcție de R după o curbă a cărei maxim este de 0,465 VA corespunzător unei rezistențe $R = 60.10^6$ Ω. Este evident că acest maxim este mult sub consumul

Tabela 2

Influența valorii rezistenței R asupra puterii în circuitul de măsură. Lanț izolatoare 110kV

R Ω	U_2 V	I_R A	P VA
10^3	0,120	120.10^{-6}	$14{,}4.10^{-6}$
10^4	1,2	120.10^{-6}	144.10^{-6}
10^5	12	120.10^{-6}	$1\,440.10^{-6}$
10^6	120	120.10^{-6}	14.10^{-3}
10.10^6	$1{,}2\ .10^3$	120.10^{-6}	144.10^{-3}
30.10^6	$3{,}28.10^3$	109.10^{-6}	360.10^{-3}
40.10^6	$4{,}16.10^3$	104.10^{-6}	434.10^{-3}
50.10^6	$4{,}8\ .10^3$	96.10^{-6}	460.10^{-3}
60.10^6	$5{,}27.10^3$	88.10^{-6}	465.10^{-3}
70.10^6	$5{,}68.10^3$	81.10^{-6}	460.10^{-3}
100.10^6	$6{,}7\ .10^3$	67.10^{-6}	450.10^{-3}
500.10^6	$7{,}9\ .10^3$	$15{,}8.10^{-6}$	125.10^{-3}
10^9	$7{,}95.10^3$	$7{,}95.10^{-6}$	63.10^{-3}

unui aparat de măsură electromagnetic (3—4 VA). Deci un divizor de tensiune capacitiv pe baza acestei scheme ampermetrice nu este capabil să alimenteze un aparat de măsură electromagnetic și cu atît mai puțin bobinele unor relee (7 VA) sau aparatele de sincronizare (12 VA).

În calculele efectuate s-a considerat o repartiție uniformă a tensiunii pe lanțul de izolatoare, ceea ce conduce la rezultate optime față de realitate.

Ipoteza de calcul $L\omega \ll R$ corespunde realității, deoarece pentru a avea $L\omega = 10^6\ \Omega$ ar fi necesar o inductanță cu $L \simeq 3\,000$ H. Dealtfel se arată în literatură [3] că rolul acestei inductanțe este în legătură cu eliminarea erorilor de măsură și are valori reduse.

Izolatoare de trecere tip condensator 35 kV. La acest izolator $C_1 = 183$ pF iar $C_2 = 1\,650$ pF. Aplicînd aceeași schemă de măsură se obțin datele din tabela 3, în care maximul de putere este de 1 VA, corespunzînd unei rezistențe $R = 10^6\ \Omega$ și această putere este insuficientă pentru alimentarea unui voltmetru electromagnetic.

Tabela 3

Influența valorii rezistenței R asupra puterii în circuitul de măsură. Izolator condesator 35kV

R Ω	U_2 V	I_R A	P VA
10^3	1,17	$1{,}17.10^{-3}$	$1{,}37.10^{-3}$
10^4	11,7	$1{,}17.10^{-3}$	$13{,}7.10^{-3}$
10^5	117	$1{,}17.10^{-3}$	137.10^{-3}
10^6	1 000	1.10^{-3}	1
10^7	1 960	$1{,}96.10^{-4}$	$3{,}8.10^{-1}$

Scheme voltmetrice

Aceste scheme măsoară căderea de tensiune pe unul din izolatoarele conectate în serie ale divizorului ca în fig. 2. În schema voltmetrică apare obligatorie prezența unui transformator de tensiune, deoarece tensiunea măsurată de divizorul capacitiv este de 3—4 kV la un lanț de izolatoare de linie de 110 kV și aproximativ 2 kV la un izolator de trecere tip condensator 35 kV. Tensiunea trebuie redusă la 100 V în vederea măsurării cu un voltmetru obișnuit. Pentru reducerea pierderilor în transformator, acesta este construit din materiale magnetice superioare. În fig. 2 schema *b* reprezintă circuitul

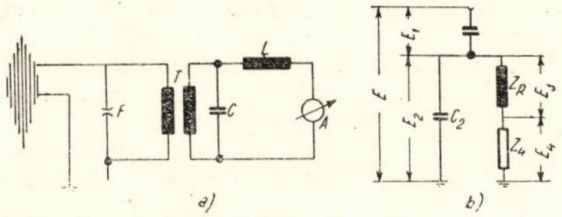


Fig. 2. Schema voltmetrică a unui divizor de tensiune capacitiv.

echivalent al schemei *a*. S-a notat cu $\overline{Z}_R$ impedanța inductanței L, care poate fi conectată în primarul sau în secundarul transformatorului. Impedanța circuitului de utilizare este $\overline{Z}_4$. Pentru simplificare se neglijează rezistențele ohmice din circuit (din transformator, bobina de șoc și instrumentul de măsură), ceea ce nu introduce o eroare substanțială. Se arată în literatură [4] [5] că reactanța echivalentă a bobinei de șoc și a reactanței de excitație a transformatorului este în rezonanță cu capacitatea C_2 a ultimei trepte a izolatorului. Această condiție este pusă în legătură cu reducerea erorilor de măsură.

Cu notațiile din fig. 2 *b* și notînd :

$$\overline{Z}' = \overline{Z}_R + \overline{Z}_4 = \overline{X} + \overline{X}_4$$

$$\overline{Z}_0 = \overline{Z}_2 + \overline{Z}'$$

și dacă $X = -X_2$ se obține :

$$\frac{E}{E_2} = \frac{X_1 + K X_2}{K X_2} \tag{13}$$

în care

$$K = \frac{X_4 - X_2}{X_4}.$$

Se remarcă pentru cazul $X_4 = 0$, adică un scurtcircuit în circuitul de măsură, astfel încît $K = -\infty$ și $E_2 = E$, adică tensiunea E_2 capătă valori extrem de mari, periculoase pentru instalație, din cauza schemei rezonante.

Se poate scrie :

$$I_4 = \frac{E_2}{X'} \tag{14}$$

$$E_4 = E_2 + I_4 X \tag{15}$$

Puterea în circuitul de măsură este :

$$P_2 = E_2 I_4 \tag{16}$$

iar puterea disponibilă pentru instrumentul de măsură :

$$P_4 = E_4 I_4 \tag{17}$$

Pentru lanțul de izolatoare de 110 kV la care $C_2 = 42.10^{12}$ pF rezultă o bobină de șoc având aproximativ 240 000 H (neglijînd reactanța transformatorului de măsură). Este evident că o asemenea inductanță este practic irealizabilă. Conectînd bobina de șoc în secundarul transformatorului valoarea inductanței ei în henry scade cu patratul raportului de transformare, menținîndu-se totuși la o mărime importantă. Dar problema puterii în circuitul de măsură, după cum se va vedea, nu este rezolvată de schema voltmetrică și în această situație consumul bobinei de șoc poate fi prea mare și soluția inaplicabilă.

Pentru un izolator de trecere tip condensator de 110 kV s-a presupus $C_1 = 150$pF și $C_2 = 3\,300$ pF (din literatură [3]). Aplicînd schema ampermetrică rezultă analitic o putere de 4,13VA, în timp ce cu schema voltmetrică puterea disponibilă pentru instrumentul de măsură este 5,18 VA, urmînd ca bobina de șoc $L = 3060$ H să consume numai 1,1 VA. Deci, puterea disponibilă pentru utilizare are același ordin de mărime în schemele ampermetrice și în schemele voltmetrice.

Divizorul de tensiune capacitiv realizat

Domeniul de utilizare. În urma celor expuse mai înainte, rezultă că, divizoarele de tensiune capacitive pentru alimentarea instrumentelor de măsură de tablou, a bobinelor unor relee sau a altor aparate consumatoare de putere se pot realiza pentru izolatoare de tip condensator de tensiuni mari (de exemplu 110 kV). Pentru lanțurile de izolatoare de linie nu se pot realiza la nici o tensiune. Aceste rezultate corespund indicațiilor din literatură. Într-adevăr, se arată că acest sistem de măsură se poate aplica la izolatoarele de trecere tip condensator de la 60 kV în sus [3] și la lanțurile de izolatoare de linie în instalații comportînd condensatoare auxiliare speciale (de exemplu condensatoare de cuplaj) [4], [6], [7].

Se poate realiza însă un divizor de tensiune capacitiv cu o utilizare mai restrînsă, și anume pentru măsurarea tensiunii liniei. Divizorul realizat va lucra pe liniile de 110 kV.

Descrierea divizorului de tensiune. Divizorul de tensiune capacitiv pentru lanțul de izolatoare de 110 kV este realizat conform schemei din fig. 3 și este prezentat în fig. 4. S-a utilizat pentru măsură un microampermetru de tablou, aparat magneto-electric, METRA de 250 μA, cu o rezistență interioară de 1 000 Ω. Pentru obținerea unei sensibilități maxime, adică pentru utilizarea întregii scale a instrumentului, s-a adoptat o rezistență ohmică $R = 170$ MΩ, compusă din 17 rezistențe chimice, fiecare de 10 MΩ. În același scop s-a introdus în schemă un autotransformator T, cu raport de transformare $n = 7$, construit pe miezul unui transformator de sonerie. Puntea de redresare P este formată din 4 celule de seleniu cu un diametru de 18 mm. Eclatorul F reprezintă o protecție pentru cazul întreruperii legăturii la pămînt

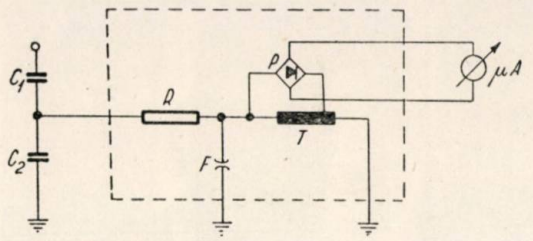


Fig. 3. Schema divizorului de tensiune capacitiv realizat.

prin înfășurarea autotransformatorului. Rezistențele chimice R, autotransformatorul T, puntea de redresare P și eclatorul F sînt montate în interiorul unui tub de porțelan. Aplicarea smoalei topite sub capacele inferior și superior asigură împotriva pătrunderii umezelii.

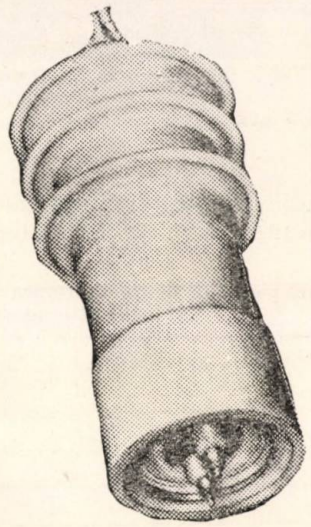


Fig. 4. Divizor de tensiune capacitiv.

Înalta tensiune se racordează la borna superioară a izolatorului, iar la borna inferioară se leagă pămîntul. Conductorul bifilar care merge la instrument se racordează la două izolatoare minion, montate pe capacul inferior. Scala instrumentului se gradează în kV. Tubul de porțelan se fixează cu un colier de traversa stîlpului de înaltă tensiune. Acest divizor de tensiune cîntărește 9,5 kg, dar se poate reduce la 5,5 kg prin executarea unui tub de porțelan de dimensiuni adecvate.

Etalonare și toleranțe. Rezistențele chimice au toleranțe de ± 10 %. Prin etalonarea dispozitivului de măsură se elimină influența abaterilor față de valoarea nominală. Persistă însă abaterile provocate de variațiile de temperatură și de îmbătrînire, care sînt tot de ordinul 10 %. Prin utilizarea unor rezistențe de calitate, această cifră care reprezintă eroarea de măsură a divizorului se poate reduce la 5 %.

Etalonarea trebuie făcută în condiții de funcționare, deoarece s-a dovedit experimental că poziția conductorului de conexiune în raport cu lanțul de izolatoare, distanța acestuia față de firul de pămînt precum și traseul conductoarelor de conectare ale instrumentului de măsură, au influență asupra măsurării efectuate.

În laborator s-a găsit corespondența dintre tensiunea aplicată lanțului de izolatoare și

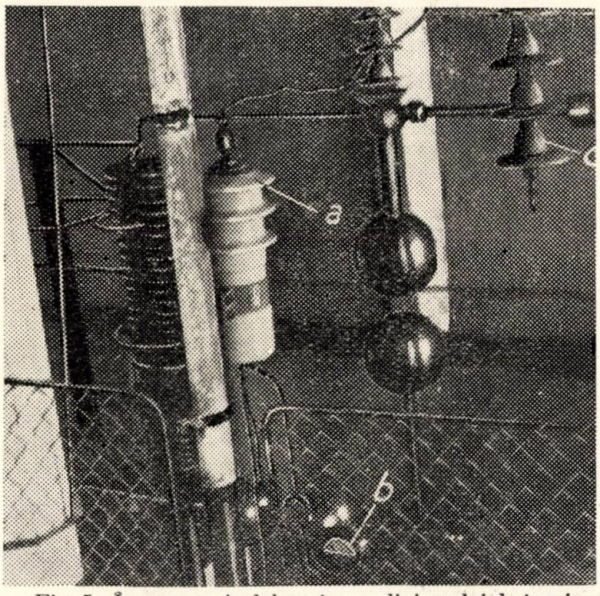


Fig. 5. Încercarea în laborator a divizorului de tensiune capacitiv:
a-divizorul de tensiune; *b*-instrumentul de măsură; *c*-lanţul de izolatoare de 110 kV.

indicaţiile microampermetrului (divizorul fiind montat ca în fig. 5), indicate în tabela 4.

Tabela 4

Corespondenţa dintre tensiunea aplicată lanţului de izolator şi indicaţiile microampermetrului

Tensiunea aplicată kV	18	21	25	35	46	55	65	75	85	110
Curentul μA	9	14	20	40	60	81	101	125	150	220

Tabela 5

Datele experimentale în cazul scurteircuitării consecutive a fiecărui izolator din lanţ

Izolatorul scurtcircuitat	8	7	6	5	4	3	2	—
Curentul măsurat μ A	119	113	110	109	106	109	115	101

Tensiunea aplicată s-a măsurat cu voltmetrul pe înfăşurarea de măsură a transformatorului de înaltă tensiune şi s-a verificat cu eclatorul cu sfere pentru tensiunile mai mari de 55 kV.

Poate rezulta o utilizare suplimentară a acestui dispozitiv din faptul că se fac sezisate variaţiile în repartiţia de tensiune în cazul că unul din cele 8 izolatoare este defect. Se dau în tabela 5 datele experimentale obţinute în cazul scurtcircuitării consecutive a fiecărui izolator din lanţ (izolatorul 1 este cel legat la pământ, iar izolatorul 8 susţine conductorul de înaltă tensiune), tensiunea aplicată fiind de 65 kV faţă de pământ.

Concluzii. Divizorul de tensiune realizat poate fi utilizat pentru măsurarea cu o eroare de aproximativ 5 % a tensiunii liniei, evitînd eventualele defecte pe linie sau defecte ale lanţului de izolatoare pe care este montat.

Se pot realiza divizoare de tensiune capacitive cu un domeniu de utilizare mai larg, pentru alimentarea aparatelor de sincronizare sau a bobinelor unor relee, la izolatoare de trecere de tip condensator 110 kV.

Bibliografia

[1] *Baptidanov, Tarasov*: Echipamentul electric al centralelor şi staţiilor electrice, Edit. Energetică de Stat, Bucureşti, 1955
[2] *Dimitrevski, V. S.*: Metodica ismerenia raspredelenia napriajenia, Electricestvo. 74 (1954) 10, p. 73—74.
[3] *Ohlans, A.*: Die Kapazitive Spannungsmessung mittels Durchführungen, 22 (1942) 3, p. 97—105.
[4] *Hochhäusler, P.*: Kondensatoren und Kondensatorendurchführungen mit Messanzapfung als Kapazitive Spannungsteiler. VDE Fachberichte, 10 (1938), p. 98—101.
[5] *Spacklen, E. E., Marshall, D. E., Langguth, P. O.*: Condenser—Type Bushing Used with Synchronizing Equipment, Trans, Am. Inst. electr. Engrs., 47 (1928), 2, p. 684—699.
[6] *Westenson, E.*: Condesateurs-transformateurs. Ericsson Review, 1936, nr. 1, p. 25—28.
[7] *Ryšavý Antonin*: Kondensatoren fur Hochfrequenz, Koppelung und Spannungsmessungen, Kovo-export 2 (1956) 2, p. 16—19.

Sistemele de unităţi relative folosite în teoria maşini sincrone

*Ing. VASILE N. NEDELCU**)

In studiul teoretic al maşinilor sincrone se folosesc din ce în ce mai mult ecuaţiile exprimate în unităţi şi mărimi relative. Deoarece în prezent se folosesc două sisteme de unităţi relative apar dificultăţi în legătură cu folosirea lor care adesea produc confuzii. Scopul lucrării este prezentarea completa şi riguroasa a celor două sisteme de marimi relative folosite în literatură şi a ecuaţiilor maşinii sincrone scrise în cele două cazuri. Autorul face o comparaţie între aceste doua sisteme de mărimi relative arătînd avantajele şi dezavantajele fiecăruia din ele, dind şi indicaţii preţioase pentru folosirea lor.

CZ 621.315.1.05 :621.317.727

În studiul teoretic al maşinii sincrone, la proiectare cît şi în rezolvarea diverselor probleme pe care le ridică exploatarea acesteia s-a înrădăcinat adînc folosirea sistemelor de unităţi relative. Aplicarea sistemelor de unităţi relative conduce la operarea cu coeficienţi adimensionali, deoarece în sistemele relative mărimile fizice cît şi parametrii geometrici nu se măsoară cu ajutorul unităţilor fizice, ci cu

*) Ing. *V. N. Nedelcu*, candidat în ştiinţe tehnice este lector la catedra de maşini electrice a Inst. Politehnic din Bucureşti

ajutorul aşa numitelor „mărimi de bază", sau „mărimi de referinţă" sau „mărimi unitare".

Introducerea sistemelor de unităţi relative prin intermediul cărora mărimile se exprimau iniţial în procente iar apoi în fracţiuni simple, de către autorii americani [1] a constituit un moment însemnat în dezvoltarea teoriei maşinilor electrice în general şi a maşinii sincrone, în special. Deoarece pentru măsurarea anumitor mărimi se pot imagina foarte multe sisteme de referinţă, o dată cu introducerea sistemelor de unităţi relative în teoria maşinii sincrone s-au ivit noi dificultăţi în legătură cu aplicarea unuia sau a altuia din cele două sisteme de u.r.[1]) care se aplică pînă acum.

În general avantajele şi dezavantajele pe care le oferă introducerea sistemelor de u.r. se pot rezuma în cele ce urmează

— ecuaţiile maşinii scrise în unităţi relative au un aspect mai simplu;

— calculele se efectuează cu numere, care în marea majoritate sînt foarte aproape de unitate sau de o anumită valoare;

— se uşurează controlul calculului;

— maşini de diverse tipuri pot fi uşor comparate şi se pot deduce ecuaţii generale;

— multe mărimi pot fi exprimate prin acelaşi număr; de exemplu, în u.r. printr-o singură curbă se pot reprezenta tensiunea la borne, fluxul fascicular, fluxul rezultant şi inducţia magnetică în întrefierul maşinii, funcţie de curentul de excitaţie;

— valorile maxime şi cele efective ale mărimilor se exprimă prin acelaşi număr.

Principalele dezavantaje sînt:

— deşi de multe ori scrierea ecuaţiilor se simplifică, acestea din punct de vedere fizic îşi pierd sensul;

— pînă acum nu s-a adoptat un singur sistem de u.r. din care cauză în compararea şi folosirea lucrărilor diverşilor autori se întîlnesc dificultăţi;

— în funcţie de alegerea unui sistem sau a altuia se schimbă rapoartele dintre parametrii maşinii;

— de multe ori se confundă mărimile exprimate în unităţi fizice cu cele exprimate în u.r.

Aplicarea largă a sistemelor de u.r. dovedeşte totuşi că avantajele sînt mai mari decît dezavantajele pe care acestea le oferă. După cum s-a spus mai înainte, în lucrările diverşilor autori se folosesc sisteme diferite, iar în unele cazuri, chiar în cursul aceleaşi lucrări se pot întîlni ecuaţii scrise atît într-un sistem cît şi în celălalt fără o explicaţie prealabilă. Această situaţie se datoreşte faptului că în maşina sincronă inductanţele mutuale dintre circuitele statorului şi rotorului sînt diferite ($L_{aj} \neq L_{ja}$).

Alegerea unuia sau a celuilalt sistem de u.r. înseamnă alegerea altor mărimi de bază pentru mărimile circuitelor rotorice ceea ce se reflectă asupra scrierii ecuaţiilor acestor circuite, pentru ambele sisteme mărimile de bază ale înfăşurării statorului rămînînd aceleaşi.

Scopul lucrării de faţă este de a face o expunere completă asupra celor două sisteme de u.r. şi de a scoate în evidenţă deosebirea, în scrierea ecuaţiilor circuitelor rotorice în cele două variante. Deoarece în literatură cele două sisteme de u.r. nu au denumiri consacrate, în lucrarea de faţă cele două sisteme vor fi notate prin sistemul nr. 1 [8] şi sistemul nr. 2[2]). Mărimile de bază pentru stator rămînînd aceleaşi în ambele variante, în cele ce urmează se vor defini aceste mărimi[3]).

Mărimile de bază (unitare) ale statorului[4])

Drept mărimi de bază ale statorului în cazul cînd se analizează o maşină izolată se aleg mărimile nominale pe fază ale maşinii respective.

Astfel, ca mărime de bază pentru tensiunea maximă a statorului se adoptă valoarea maximă a tensiunii nominale:

$$U_0 = U_{\max.nom} \tag{1}$$

Mărimea de bază pentru valorile efective ale tensiunilor statorului se adoptă mărimea U_{efa} care este:

$$U_{efo} = U_0/\sqrt{2} \tag{2}$$

În acelaş mod se determină şi mărimile de referinţă pentru curentul statorului:

pentru valorile maxime:

$$I_0 = \dot{I}_{\max.nom} \tag{3}$$

pentru valorile efective:

$$I_{efo} = I_0/\sqrt{2} \tag{4}$$

Din cele de mai sus rezultă, că în u.r. valorile maxime şi efective ale mărimilor vor fi identice.

Mărimea de bază pentru puterea maşinii sincrone se alege egală cu puterea aparentă trifazată:

$$P_0 = 3\, U_{efo}\, I_{efo} = \frac{3}{2}\, U_0\, I_0 \tag{5}$$

Pentru energie se alege drept mărime de bază, energia pe care o debitează generatorul în timp de o secundă, cînd tensiunea şi curentul au valori egale cu valorile mărimilor de bază, iar cos φ este egal cu unitatea.

Astfel, expresiile numerice ale mărimilor de bază pentru putere şi energie sînt identice.

$$W_0 = P_0 = \frac{3}{2}\, U_0\, I_0 \tag{6}$$

[1]) Se va folosi prescurtarea u.r. pentru unităţi relative.

[2]) În literatură sistemul nr. 2 se întîlneşte sub denumirea de „sistem mutual" sau „reciproc".

[3]) Maşina se consideră idealizată.

[4]) Toate mărimile măsurate în unităţi fizice se notează cu litere mari. Aceleaşi mărimi măsurate în u.r. se notează cu litere mici.

Pentru cuplu se alege drept mărime de bază acel cuplu, pe care-l dezvoltă maşina, cînd aceasta debitează puterea de bază, viteza unghiulară fiind egală cu valoarea vitezei unghiulare de bază:

$$M_0 = P_0/\omega_0 \qquad (7)$$

Valoarea mărimii de bază pentru rezistenţe se alege rezistenţa unui circuit prin care va circula un curent egal cu curentul de bază dacă i se aplică la borne tensiunea de bază, adică:

$$Z_0 = X_0 = R_0 = U_0/I_0 = U_{efo}/I_{efo} \qquad (8)$$

Căderea de tensiune într-un circuit oarecare exprimată în u.r. va fi:

$$\Delta u = ZI_{ef}/U_{efo} = ZI_M/U_0 = zi \qquad (9)$$

unde: i,z sînt curentul respectiv rezistenţa exprimate în u.r.

Mărimea de bază pentru fluxul statorului se alege egală cu valoarea acelui flux, care la viteza nominală de rotaţie, induce tensiunea de bază în înfăşurarea deschisă a statorului.

Valoarea acestui flux se poate determina din relaţia:

$$\Phi_0 = U_0/\omega_0 w = X_0 I_0/\omega_0 w \qquad (10)$$

unde:

$$X_0 = 3/2\, k\, \omega_0 w^2 \lambda_0;\ \lambda_0 = \Phi_0/F_0 \qquad (11)$$

w — numărul spirelor înfăşurării unei faze a statorului;
λ_0 — permeanţă de bază a circuitului statorului;
F_0 — f.m.m. de bază a statorului.

Mărimea de bază pentru inducţia magnetică se alege egală cu acea valoare a inducţiei magnetice din întrefierul maşinii care determină fluxul de bază, adică:

$$B_0 = \Phi_0/\alpha\tau l$$

în care:

α este coeficientul de acoperire al piesei polare:
τ — pasul polar;
l — lungimea ideală a statorului.

Drept mărime de bază pentru f.m.m. ale înfăşurării statorului se alege amplitudinea undei fundamentale spaţiale a f.m.m. învîrtitoare create de înfăşurarea statorului, cînd prin cele trei faze circulă curenţi de succesiune directă, amplitudinea cărora este egală cu amplitudinea curenţilor de referinţă, adică:

$$F_0 = \frac{3}{2}\, k\, w\, I_0. \qquad (13)$$

În afară de aceste mărimi de bază, care rămîn neschimbate prin trecerea de la un sistem la altul se mai adoptă următoarele mărimi de bază, de asemenea comune celor două sisteme, precum şi tuturor maşinilor, în cazul că se examinează un sistem energetic:

— mărimea de bază pentru viteza de rotaţie se alege egală cu viteza sincronă (n_s);
— mărimea de bază pentru viteza unghiulară de rotaţie se alege viteza unghiulară corespunzătoare frecvenţei sincrone;
— mărimea de bază pentru unghiuri, radianul;
— mărimea de bază pentru timp, radianul electric: 1 rad. el. 1/314 s.

Pentru a scoate în evidenţă diferenţa în scrierea ecuaţiilor circuitelor rotorului în cele două sisteme de u.r. vom deduce mai întîi aceste ecuaţii în sistemele fizice de unităţi.

Ecuaţia operaţională a curentului rotoric în unităţi fizice.[5])

Pentru a se deduce ecuaţia operaţională a curentului rotoric în sistemele de unităţi fizice se pleacă de la următorul sistem de ecuaţii:

$$U_f = R_f I_f + d\Psi_f/dt \qquad (14)$$

$$\Psi_f = L_{ff} I_f - L_{fa}[\dot{I}_a \cos\theta + \dot{I}_b \cos(\theta - 120) + \dot{I}_c \cos(\theta + 120)] \qquad (15)$$

sau, avînd în vedere că:

$$\dot{I}_d = 2/3\,[\dot{I}_a \cos\theta + \dot{I}_b \cos(\theta\text{-}120) + \dot{I}_c \cos(\theta + 120)]$$

ecuaţia (15) se poate retranscrie:

$$\Psi_f = L_{ff} I_f - L_{fa} I_d \qquad (15')$$

unde:

$$L_{fa} = 3/2\ L'_{fa} = 3/2\, k\, w w_f\, \lambda_{md};$$

U_f este tensiunea aplicată înfăşurării de excitaţie;
R_f — rezistenţa înfăşurării de excitaţie;
I_f — curentul de excitaţie;
L_{fa} — inductanţa mutuală dintre înfăşurarea rotorului şi una din fazele statorului;
L_{fa} — inductanţa mutuală dintre înfăşurarea rotorului şi toate fazele statorului;
w_f — spirele înfăşurării de excitaţie;
λ_d — permeanţa magnetică a circuitului principal longitudinal;
$\dot{I}_a, \dot{I}_b, \dot{I}_c$ — curenţii în cele trei faze ale statorului;
θ — unghiul mişcării absolute;
I_d — curentul longitudinal;
Ψ_f — fluxul rezultant al înfăşurării de excitaţie.

Din sistemul (14), (15'), se poate deduce expresia lui $I_f(p)$ în ipoteza condiţiilor iniţiale nule:

$$I_f(p) = \frac{U_f(p)}{R_f + p X_{ff}} + \frac{p X_{fa}}{R_f + p X_{ff}} I_d(p) \qquad (16)$$

[5]) Rotorul se consideră fără înfăşurări de amortizare.

sau dacă se introduc operatorii $G(p)$, $X_d(p)$ [11]

$$I_f(p) = \frac{I}{X_{af}}\{G(p)\ U_f(p) + [X_d - X_d(p)]\ I_d(p)\} =$$

$$= \frac{1}{X_{af}}\{C_{af}\ G(p)\ E_d(p) + [X_d - X_d(p)]\ I_d(p)\} \quad (16')$$

unde :

$$C_{af} = R_f/X_{af} = 1/T_{af}; \quad X_d = 3/2\ k\ w^2\ \lambda_d;$$

$$T'_d = x'_d\ T_f/x_d;$$

$$G(p) = T_{af}/(1 + pT_f);$$

$$X_d(p) = X_d\ (1 + pT'_d)/(1 + pT_f);$$

$$X_{af} = k\ ww_f\ \lambda_{ad}; \quad p = d/\omega_0 \cdot dt;$$

X_{af} — reactanţa mutuală dintre circuitul de excitaţie şi o fază a statorului ;
p — operatorul Heaveside ;
E_d — f.e.m. indusă într-o fază a statorului de curentul $I_f = E_f/R_f$:
$G(p)$ — conductanţa operaţională ;
T_{af} — constanta de timp ;
C_{af} — constanta de amortizare ;
$X_d(p)$ — reactanţa operaţională longitudinală ;
X_d — reactanţa sincronă longitudinală ;
T'_d — constanta de timp a înfăşurării de excitaţie cînd înfăşurarea statorului este închisă ;
X'_d — reactanţa tranzitorie longitudinală ;
T_f — constanta de timp a înfăşurării de excitaţie.

In cazul cînd pe rotor se află mai multe circuite, aspectul exterior al ecuaţiei (16') rămîne acelaşi, schimbîndu-se numai expresiile operatorilor $G(p)$, $X_d(p)$.

Mărimile de bază pentru circuitele rotorice în sistemul nr. 1 al u.r.

În sistemul nr. 1 al u.r. se adoptă drept mărime de referinţă pentru curentul unei înfăşurări a rotorului, valoarea acelui curent, care singur circulînd în înfăşurarea respectivă, creează în întrefier un flux care la viteza unghiulară nominală a rotorului, induce în înfăşurarea deschisă a statorului o f.e.m. egală cu valoarea tensiunii de referinţă.

Dacă se defineşte în acest fel mărimea de referinţă pentru curentul de excitaţie al circuitului j se poate defini mărimea de referinţă pentru tensiunea de excitaţie din relaţia :

$$U_{j01} = R_j\ I_{j01} \quad (17)$$

unde :

$$j = f,\ 1d,\ 2d,\ \ldots\ nd\ ;\ 1q,\ 2q\ ,\ldots,\ nq\ ,\ldots$$

j — circuitele rotorului pe axa longitudinală şi transversală.

Din definiţia dată pentru mărimea de referinţă a curentului circuitelor rotorului rezultă că fluxul pe care-l creează acest curent în întrefier trebuie să fie egal cu fluxul de bază al statorului, deoarece numai acesta induce în înfăşurarea deschisă a statorului tensiunea de bază.

În acest caz curenţii de bază ai diverselor circuite pot fi determinaţi din relaţia :

$$I_{j01} = \frac{\Phi_0}{k\ w_j\ \lambda_{jm}} \quad (18)$$

Din relaţia (18) rezultă, că pentru fiecare circuit al rotorului se defineşte un curent de bază care diferă de la un circuit la altul.

Drept mărime de bază pentru rezistenţele circuitelor rotorului atît în sistemul nr. 1 cît şi în sistemul nr. 2 se alege mărimea corespunzătoare a statorului redusă la numărul de spire al circuitului respectiv al rotorului, expresia căreia poate fi dedusă respectînd condiţiile de reducere [10].

Astfel, pentru circuitul j se obţine :

$$X_{j0} = X'_0 = 2/3\ (w_j/w)^2\ X_0 = k_j\ X_0;$$
$$k_j = 2/3\ (w_j/w)^2 \quad (19)$$

w_j fiind numărul de spire al înfăşurării circuitului j.

Valorile relative ale rezistenţelor circuitelor rotorului se mai pot obţine reducînd aceste rezistenţe la numărul de spire ale statorului şi apoi raportîndu-le la rezistenţa de bază a acestuia.

Astfel :

$$R'_j = k'_j\ R_j; \quad X'_j = k'_j\ X_j$$

$$X'_{jm} = k'_j\ X_{jm}; \quad k'_j = 1/k_j; X_{jm} = k\ \omega_0\ w_j^2 \lambda_{jm} \quad (20)$$

unde: X_{jm} este reactanţa mutuală a înfăşurării j.

Dacă circuitul j este plasat pe axa longitudinală atunci se poate observa că :

$$X'_{j\,ad} = X_{ad} = \frac{3}{2}\ k\ \omega_0\ w^2\ \lambda_{md} \quad (21)$$

unde : X_{ad} este reactanţa mutuală a indusului pe axa longitudinală.

Valorile relative ale rezistenţelor circuitelor maşinii vor fi :

$$x_d = X_d/X_0; \quad x'_{ad} = X_{ad}/X_0$$

$$x_j = X'_j/X_0 = X_{jj}/X'_0; \quad x_{j\,ad} = x'_{ad} = X'_{jmd}/X_0 = X_{jmd}/X'_0 \quad (22)$$

Drept mărime de bază a fluxului unei înfăşurări a rotorului se alege fluxul magnetic creat de această înfăşurare cînd este străbătută de curentul de bază.

Astfel se poate scrie formula :

$$\Phi_{j01} = kw_j\ \lambda_{jj}\ I_{j01} \quad (23)$$

Corespunzător, pentru mărimea de bază a fluxului rezultant se poate scrie relaţia :

$$\Psi_{j01} = w_j\ \Phi_{j01} \quad (24)$$

Luînd în considerație expresia:

$$X_{jj} = k\,\omega_0\,w_j^2\,\lambda_{jm} \tag{25}$$

pentru Ψ_{j01} se găsește relația:

$$\Psi_{j01} = X_{jj}\,I_{j01}/\omega_0 \tag{26}$$

de unde:

$$I_{j01} = \omega_0\,\Psi_{j01}/X_{jj} \tag{27}$$

Pentru tensiunea de bază a înfășurărilor rotorice în funcție de ultima expresie se găsește relația:

$$U_{j01} = R_j\,I_{j01} = R_j\,\omega_0\,\Psi_{j01}/X_{jj} \tag{28}$$

sau:

$$U_{j01} = \omega_0\,\Psi_{j01}/T_j \tag{29}$$

unde:

T_j este constanta de timp a înfășurării j.

Trebuie subliniată diferența dintre tensiunea de bază a înfășurărilor rotorului și f.e.m. indusă în aceste înfășurări de fluxul de bază al statorului.

Astfel dacă se notează cu E_{mj} f.e.m. pe care o induce fluxul de bază al statorului în circuitul j al rotorului luînd în considerație relația (18) se poate scrie:

$$E_{mj} = X_{jm}\,I_{j01}$$

sau:

$$U_{j01}/E_{mj} = R_j/X_{jm}. \tag{30}$$

Ceea ce înseamnă că raportul tensiunii de bază a unei înfășurări a rotorului către f.e.m. indusă în această înfășurare de către fluxul de bază al statorului în sistemul nr. 1 al u.r. este egal cu constanta de amortizare $C_{jm} = 1/T_{jm}$.

În retranscrierea ecuațiilor diverselor circuite ale mașinii în u.r. este necesar să se cunoască expresia fluxurilor rezultante ale înfășurării date în funcție de curenții de bază ai celorlalte înfășurări rotorice precum și de curentul de bază al statorului.

Dacă se ia în considerație formula (18) se găsește între doi curenți de bază a două circuite plasate pe aceeași axă a mașinii următoarea relație:

$$I_{i01} = \frac{w_j}{w_i}\,I_{j01} \tag{31}$$

sau

$$I_{i01} = \frac{w_i}{w_j}\,I_{i01} \tag{31'}$$

Introducînd relația (31') în (24) și luînd în considerație (22) se obține:

$$\Psi_{j01} = k\,w_i\,w_j\,\lambda_{jj}\,I_{i01} = X_{ji}\lambda_{jj}\,I_{i01}/\omega_0\,\lambda_{jm} =$$
$$= X_{ji}\cdot x_{jj}\cdot I_{i01}/\omega_0\cdot x_{jm} \tag{32}$$

unde:

$$X_{ji} = k\,\omega_0\,w_i\,w_j\,\lambda_{jm}$$

În funcție de curentul de bază al statorului expresia lui Ψ_{j01} se poate transforma plecînd de la relația:

$$I_{j01} = U_0/X_{aj} = X_0\,I_0/X_{aj} \tag{33}$$

unde:

X_{aj} reprezintă reactanța mutuală dintre înfășurarea rotorului și o fază a statorului.

Dacă se ia în considerație relația

$$X_{aj} = X_{jm}\,w/w_j \tag{34}$$

și în relația (33) se înmulțește și numitorul și numărătorul cu factorul $\left(\frac{2}{3}\frac{w_i}{w}\right)$ se obține:

$$I_{j01} = \frac{3}{2}\frac{w_i}{w_j}\cdot\frac{1}{x_{jm}}\,I_0 \tag{35}$$

Introducînd relația (35) în (24) se obține:

$$\Psi_{j01} = \frac{3}{2}\,k\cdot w\cdot w_j\,\lambda_{jj}\,I_0/x_{jm} \tag{36}$$

care pentru circuitele de pe axa d sau q, dacă se ia în considerație relația (22) și relația

$$\lambda_{jj} = \frac{x_{jj}}{x_{ad}}\,\lambda_{jm} \tag{37}$$

se transformă:

$$\Psi_{jd0} = X_{jad}\,x_{jjd}\cdot I_0/\omega_0\cdot x_{ad}^2 \tag{38}$$

$$\Psi_{jq0} = X_{jaq}\cdot x_{jjq}\,I_0/\omega_0\cdot x_{aq}^2 \tag{39}$$

Pentru fluxul rezultant de bază al statorului se pot scrie relațiile:

$$\Psi_0 = kww_j\,\lambda_{jm}\,I_{j01} = X_{aj}\cdot I_{j01}/\omega_0 =$$
$$= X_{aj}\,U_{j01}/\omega_0\,R_j = L_{aj}\,I_{j01} = X_0\,I_0/\omega_0 \tag{40}$$

Expresiile fluxurilor rezultante ale înfășurărilor mașinii exprimate în u.r.

Considerînd că rotorul mașinii este echipat cu j circuite pentru fluxul rezultant longitudinal se poate scrie relația:

$$\Psi_d = \Psi_{ajd} + \Psi_{aid} + \ldots - \Psi_{aad}^{\cdot} = \sum \Psi_{ajd} - \Psi_{aad}^{\cdot} \tag{41}$$

unde:

$$\Psi_{ajd} = k\,ww_j\,\lambda_{jmd}\,I_{jd} \tag{42}$$

$$\Psi_{aad} = \frac{3}{2}\,kw^2\,\lambda_d\,I_d \tag{43}$$

Pentru a exprima mărimile cuprinse în relația (41) în valori relative se împart toți membrii cu valoarea fluxului rezultant statoric Ψ_0 considerînd pentru acesta valorile adecvate date de relația (40), astfel

$$\Psi_d/\Psi_0 = \psi_d$$
$$\Psi_{ajd}/\Psi_0 = \psi_{ajd} = i_j \tag{44}$$
$$\Psi_{aad}^{\cdot}/\Psi_0 = \psi_{aad} = x_d\,i_d$$

Din relaţia (44) rezultă că valoarea relativă a fluxului rezultant de inducţie mutuală al unei faze a statorului condiţionat de fluxul creat de curentul circuitului j este egal cu valoarea relativă a curentului acestui circuit j.

Relaţia (41) poate fi deci retranscrisă în sistemul de unităţi relative nr. 1 astfel:

$$\psi_d = \sum \psi_{ajd} - \psi_{aad} = \sum i_{jd} - x_d\, i_d \quad (45)$$

unde:

x_d este reactanţa sincronă longitudinală a maşinii exprimată în u.r.;
i_d — curentul longitudinal exprimat în u.r.;
i_{jd} — curentul circuitului rotoric j exprimat în u.r.

Pentru fluxul rezultant al unei înfăşurări rotorice se poate scrie relaţia:

$$\Psi_{jd} = \Psi_{jjd} + \Psi_{jid} + \ldots - \Psi_{jad} \quad (46)$$

unde:

$$\left.\begin{aligned} \Psi_{jjd} &= kw_j^2\, \lambda_{jjd}\, I_{jd};\ \Psi_{jid} = kw_i w_j \lambda_{jmd}\, I_{id} \\ \Psi_{jad} &= \frac{3}{2}\, kw_j\, w\, \lambda_{jmd}\, I_0 \end{aligned}\right\} (47)$$

Împărţind toţi factorii relaţiei (46) cu ψ_{jod} se obţine:

$$\left.\begin{aligned} \Psi_{jjd}/\Psi_{jod} &= \psi_{jjd} = i_{jd} \\ \Psi_{jid}/\Psi_{jod} &= \psi_{jid} = \frac{x_{jmd}}{x_{jjd}}\, i_{id} = \frac{x_{ad}}{x_{jjd}}\, i_{id} \\ \Psi_{jad}/\Psi_{jod} &= \psi_{jad} = \frac{x_{ad}^2}{x_{jjd}}\, i_d \end{aligned}\right\} (48)$$

În funcţie de notaţiile de mai sus ecuaţia (46) se poate retranscrie:

$$\psi_{jd} = \psi_{jjd} + \psi_{jid} + \ldots - \psi_{jad} = i_{jd} + \frac{x_{ad}}{x_{jjd}} \sum i_{id} - \frac{x_{ad}^2}{x_{jjd}}\, i_d \quad (49)$$

Formule asemănătoare se găsesc şi pentru circuitele plasate pe axa transversală a maşinii.

Rezumînd, expresiile fluxurilor rezultante exprimate în u.r. ale circuitelor maşinii sînt următoarele:

$$\left.\begin{aligned} \psi_d &= i_{f1} + i_{1d1} + i_{2d1} + \ldots + i_{nd1} - x_d i_d \\ \psi_{f1} &= i_{f1} + x_{ad} i_{1d1}/x_{ff} + \ldots + x_{ad} \cdot i_{nd1}/x_{ff} - x_{ad}^2 \cdot i_d/x_{ff} \\ \psi_{nd1} &= x_{ad} \cdot i_{f1}/x_{nnd} + \ldots\ i_{nd1} - x_{ad}^2 \cdot i_d/x_{nnd} \end{aligned}\right\} (50)$$

În cazul cînd maşina nu are înfăşurări de amortizare:

$$\left.\begin{aligned} \psi_d &= i_{f1} - x_d i_d; \\ \psi_{f1} &= i_{f1} - x_{ad}^2 \cdot i_d/x_{ff} = i_{f1} - (x_d - x_d')\, i_d \\ \psi_q &= x_q\, i_q \end{aligned}\right\} (51)$$

Se poate retranscrie expresia (14) în sistemul de u.r. nr. 1, dacă se împart toţi termenii acesteia, respectiv cu mărimea:

$$U_{f01} = R_f I_{f01} = R_f\, \omega_0\, \Psi_{f01}/X_{ff} = R_f\, \Psi_{f01}/L_{ff} \quad (28)$$

şi se obţine:

$$U_{f1} = i_{f1} + T_f \frac{d}{dt} \psi_{f1}.$$

Dacă se ia în consideraţie (51) şi se trece la imagini:

$$U_{f1}(p) = (1 + pT_f)\, i_{f1}(p) - pT_f\, (x_d - x_d')\, i_d(p) \quad (52)$$

de unde se determină expresia operaţională a curentului de excitaţie în u.r.

$$i_{f1}(p) = u_f(p)/(1 + pT_f) + pT_f (x_d - x_d') \cdot i_d(p)/(1 + pT_f) = C_{af} G(p)\, u_{f1}(p) + [x_d - x_d(p)]\, i_d(p) \quad (53)$$

În acelaşi mod se poate găsi expresia lui $i_{f1}(p)$ cînd pe rotor sînt mai multe circuite, cît şi expresiile operaţionale ale curenţilor celorlalte înfăşurări ale rotorului.

Ecuaţia (53) se poate obţine şi din ecuaţia (16) prin împărţirea tuturor termenilor respectiv cu mărimea:

$$I_{f01} = U_{f01}/R_f = Z_0 I_0 / X_{af} \quad (54)$$

Mărimile de bază ale puterii şi cuplului pot fi exprimate de asemenea în funcţie de mărimile de bază ale curentului, fluxului şi tensiunii circuitului rotoric j.

Astfel avînd în vedere relaţiile (40) şi (38) se poate scrie:

$$P_0 = 3/2 \cdot U_0 I_0 = \frac{3/2\, X_{aj} \cdot x_{ad}^2}{X_{ja}\, x_{jj}} \cdot \omega_0 I_{jf01}\, \Psi_{jf01} = x_{ad}^2 \omega_0 I_{jf01}\, \Psi_{jf01}/x_{jj} \quad (55)$$

Se pot obţine şi alte forme pentru P_0 dacă se pleacă de la expresia:

$$P_0 = \frac{3}{2} I_0 Z_0 I_0 = \frac{3}{2} I_0^2 Z_0. \quad (56)$$

Dacă în această formulă înlocuim pe I_0 cu:

$$\dot{I}_0 = \frac{X_{aj}}{X_0} \dot{I}_{jf01}$$

atunci expresia lui P_0 devine:

$$P_0 = \frac{3}{2} \frac{X_{aj}^2}{X_0} I_{j0}^2 = x_{ad} X_{jm} I_{jf01}^2 \quad (57)$$

Dacă în formula P_0 introducem și tensiunea de bază a circuitului rotoric atunci avînd în vedere relația (30):

$$P_0 = x_{a1}\, T_{j\,n}\, I_{j01}\, U_{.01} \qquad (58)$$

Din formula (58) rezultă că în sistemul de unități relative nr. 1 puterea de bază a statorului nu este egală cu puterea de bază a unui circuit rotoric ceea ce reprezintă marele inconvenient al acestui sistem.

Sistemul de unități relative nr. 2

Mărimea de bază a curentului pentru circuitele rotorice se definește ca valoarea acestui curent, care circulînd prin spirele conturului respectiv la viteza de sincronism creează în întrefierul mașinii o f.m.m. sinusoidal repartizată în spațiu a cărei amplitudine maximă este egală cu amplitudinea maximă a undei fundamentale spațiale a f.m.m. învîrtitoare, creată în întrefier de înfășurarea statorului, cînd această înfășurare este străbătută de sistemul curenților de bază.

Din definiție rezultă că,

$$\frac{3}{2}\, k\, w\, I_0 = k w_j\, I_{j02}. \qquad (58)$$

Mărimea de bază pentru tensiunile circuitelor rotorice se alege egală cu valoarea tensiunii indusă în circuitul respectiv de către fluxul de bază al statorului:

$$U_{j02} = \omega_0\, w_j\, \Phi_0 = X_{jm}\, I_{j01} = \frac{w_j}{w}\, U_0 \qquad (60)$$

Alegînd astfel tensiunea și curentul de bază pentru mărimile corespunzătoare ale unui circuit rotoric se vede că aceste mărimi reprezintă tocmai valorile mărimilor de bază ale statorului, reduse la numărul de spire al circuitului rotoric considerat.

Dacă se iau în considerație relațiile: (59), (60)

$$U_{j02}\, I_{j02} = \frac{3}{2}\, U_0\, I_0 = P_0 \qquad (61)$$

adică, produsul lui $U_{j02}\, I_{j02}$ reprezintă tocmai puterea de bază a statorului, fapt care subliniază diferența esențială dintre cele două sisteme de unități relative, dacă se are în vedere relația (58)

Mărimea de bază pentru impedanțele circuitelor rotorului se definește ca și pentru stator, în modul următor:

$$R_{j02} = X_{j02} = Z_{j02} = \frac{U_{j02}}{I_{j02}} = \frac{2}{3}\left(\frac{w_j}{w}\right)^2 \frac{U_0}{I_0} = C_j Z_0 = Z_0' \qquad (62)$$

de unde se vede, că aceasta este egală cu mărimea corespunzătoare din sistemul nr. 1. și reprezintă impedanța de bază a statorului redusă la numărul de spire al circuitului rotoric j.

Mărimea de bază pentru fluxul rezultant al circuitului rotoric j în sistemul nr. 2 se definește din relația:

$$\Psi_{02} = \frac{1}{\omega_0}\, X_{j0}\, I_{.02} \qquad (63)$$

găsindu-se ușor și relațiile următoare de legătură dintre celelalte mărimi de bază și acest flux:

$$\Psi_{j02} = \frac{X_{j0}}{\omega_0}\frac{w_i}{w_j}\, I_{02} = \frac{X_{j0}}{\omega_0}\frac{3}{2}\frac{w}{w_j}\, I_0 = \frac{w_j}{w}\Psi_0 = \frac{1}{\omega_0}\frac{w_j}{w}\, U_0 = \frac{1}{\omega_0}\, X_j\, I_{j01} \qquad (64)$$

Pentru fluxul de bază al statorului în funcție de mărimile de bază ale circuitelor rotorului se pot scrie de asemenea relațiile:

$$\Psi_0 = \frac{X_0\, I_0}{\omega_0} = \frac{X_0}{\omega_0} \cdot \frac{2}{3}\frac{w_j}{w}\, I_{j02} = \frac{X_0}{\omega_0}\frac{2}{3}\frac{w_i}{w}\, I_{j02} \qquad (65)$$

Relațiile (64) și (65) sînt necesare ca și în cazul sistemului nr. 1, pentru retranscrierea ecuațiilor (41), (46) în valori relative.

Astfel ecuația (41) după ce se împart toți termenii cu Ψ_0 (65) capătă forma:

$$\psi_d = x_{af}\, i_{f2} + x_{a1d}\, i_{1d2} + \ldots - x_d\, i_d = \sum x_{ajd}\, i_{jd2} - x_d\, i_d \qquad (66)$$

De asemenea ecuația (46) după ce se impart toți termenii cu Ψ_{j02} (64) se transformă:

$$\psi_{j2} = x_{jj}\, i_{j2} + x_{ji}\, x_{i2} + \ldots - x_{ad}\, i_d = \sum_{i=j}^{n} x_{ji}\, i_{i2} - x_{ad}\, i_d \qquad (67)$$

În retranscrierea ecuațiilor dintr-un sistem în celălalt este important de a se cunoaște relațiile dintre valorile relative ale mărimilor exprimate în cele două sisteme, sau dintre mărimile de bază corespunzătoare.

Astfel, pentru curenți, dacă se consideră relația (64) sau relațiile (59), (35) se găsește:

$$\frac{i_{j1}}{i_{j2}} = \frac{I_j/I_{j01}}{I_j/I_{j02}} = \frac{I_{j02}}{I_{j01}} = x_{ad} = \frac{u_{j1}}{i_{j2}} \qquad (68)$$

Pentru fluxuri, dacă se iau în considerație relațiile (24), (64) și (58):

$$\frac{\psi_{jj1}}{\psi_{jj2}} = \frac{\Psi_{j02}}{\Psi_{j01}} = \frac{x_{jm}}{x_{jj}}\,;\ \frac{\psi_{j01}}{\psi_{ja2}} = \frac{x_{am}^2}{x_{jj}} \qquad (69)$$

Pentru tensiuni dacă se consideră relațiile (17), (58) (68):

$$\frac{u_{j1}}{u_{j2}} = \frac{u_{j02}}{u_{j01}} = T_{jm} = \frac{i_{j1}}{u_{j2}} = \frac{x_{ad}\, i_{j2}}{u_{j2}} \qquad (70)$$

de unde rezultă:

$$\frac{i_{j2}}{u_{j2}} = I_{jm}/x_{ad} = 1/r_j;\ u_{j2} = r_j\, i_{j2} \qquad (71)$$

Cunoscînd aceste relaţii retranscrierea ecuaţiilor dintr-un sistem în celălalt se simplifică, ne mai fiind necesar să se opereze cu mărimi fizice.

Deci pentru a retranscrie ecuaţia (53) în sistemul nr. 2 conform relaţiei (68) această ecuaţie se împarte cu x_{ad} :

$$i_{f2}(p) = \frac{i_{f1}(p)}{x_{ad}} =$$

$$= \frac{1}{x_{ad}} \{C_{af} G(p) u_{f1}(p) + [x_d - x_d(p)] i_d(p)\} \quad (72)$$

sau, dacă se foloseşte relaţia (70) :

$$i_{f2}(p) = \frac{1}{x_{ad}} \{G(p) u_{f2}(p) + [x_d - x_d(p)] i_d(p)\} =$$

$$= \frac{1}{x_{ad}} \{C_{af} G(p) e_d(p) + [x_d - x_d(p)] i_d(p)\} \quad (73)$$

Se vede uşor că această relaţie este identică cu relaţia (16′) în care mărimile erau exprimate în unităţi fizice.

Relaţia (73) putea fi dedusă de asemenea plecîndu-se de la relaţia (16) prin împărţirea tuturor membrilor cu I_{f02} sau, rezolvînd sistemul de ecuaţie [14], [15′] în care mărimile erau exprimate în u.r.

Concluzii

Sistemul nr. 1 al unităţilor relative se foloseşte în deosebi în analiza proceselor tranzitorii în maşina sincronă izolată fără înfăşurări de amortizare, cît şi în calculele reglajului excitaţiei. Acest sistem prezintă dezavantajul că este foarte incomod atunci cînd se trece la determinarea schemelor electrice echivalente ale maşinii pe cele două axe, avînd în vedere, faptul că inductanţele mutuale ale diverselor circuite nu sînt egale.

Sistemul nr. 2 este mult mai răspîndit, decît sistemul nr. 1 pentrucă prezintă avantajele care lipsesc sistemului nr. 1, iar ecuaţiile de funcţionare ale maşinii scrise în acest sistem au acelaşi sens ca şi cum ar fi scrise în unităţi fizice. Sistemul nr. 2 este singurul care poate fi aplicat în analiza problemelor legate de funcţionarea a două sau mai multe maşini în sistem.

În lucrare s-au definit în mod riguros toate mărimile de bază atît pentru un sistem cît şi pentru celălalt, au fost scoase în evidenţă relaţiile fundamentale dintre valorile relative ale mărimilor exprimate în cele două sisteme de u.r. precum şi din mărimile de bază ale sistemelor respective, s-a evidenţiat diferenţa de scriere a ecuaţiilor circuitelor rotorice în cele două sisteme, considerîndu-se că astfel s-a adus un aport în tratarea acestei probleme, care în multe lucrări consacrate proceselor tranzitorii în maşina sincronă este atacată incidental sau incomplet [3] [4] [5] [6] [7] [8].

Sistemul nr. 1 a fost expus aşa cum se află în [8].

Bibliografie

[1] *Doherty, Nickle* : Synchronous Machines, I, II 1926—III 1927, nr. 1.

[2] *Park, R, H.*, Robertson — The Reactances of S.M. 1928, nr. 2

[3] *Luter R. A.* : Operatornîe reactanti sinhronoi maşinî, Electricestvo 54 (1934) 17.

[4] *Jdanov, P. S.* : Ustoicivosti electriceskix sistem, Gosenergoizdat Moscova, Leningrad, 1948.

[5] *Gorev,, A. A.* : Procese tranzitorii în maşina sincronă, Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad, 1950.

[6] *Concordia, Ch.* : Synchronous Machines, New-York-Londra, 1951.

[7] *Vanicov, V. A.* şi *Jukov, L. A.* : Perehodnîe protesî v elektriceskih sistemah, Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad, 1953.

[8] *Aliabiev, M. I.* : Parametrî şi perehodnîe rejimî sinhronoi maşinî, Leningrad, 1953.

[9] Electrotechniceskii spravocinik, Razdel 17, Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad, 1955.

[10] *Petrov, G. N.* : Maşini electrice, vol. I, Gosenergoizdat, Moscova Leningrad, 1956.

[11] *Nedelcu, V. N.* : Elemente fundamentale ale teoriei celor două reacţii ale maşinii sincrone, Buletinul Institutului Politehnic Bucureşti, XVIII (1956) fasc. 1—2.

Pile moderne cu electrodul pozitiv din bioxid de mangan

Ing. L. FIHMAN

Caracteristica descrescătoare $U = f(t)$ a pilei cu mangan şi zinc creează deseori dificultăţi în utilizarea acestor pile. Deoarece investiţiile în industria acestor pile sînt foarte mari şi materialele componente sînt relativ ieftine şi abundente, s-a căutat să se remedieze aceste neajunsuri. Articolul prezintă perfecţionările aduse în ultimii ani pilelor cu bioxid de mangan. El cuprinde îmbunătăţirile care se referă la pilele de formă clasică—cilindrică (cu pahar).

CZ 621.351.32

Au trecut nouăzeci de ani de cînd G. Leclanché a propus în 1867[1] folosirea piroluzitei (bioxidul de mangan) ca oxidant solid în masa depolarizantă a pilei, care avea următorul sistem electrochimic :

$$(-)\ Zn \mid NH_4Cl \mid MnO_2 . C\ (+)$$

De atunci şi pînă azi, domeniile de aplicaţie ale acestei pile se lărgeau mereu, mai ales după ce ea a început să fie executată cu electrolit imobilizat, purtînd numele de pilă uscată [2] [3]. Această dezvoltare mare se datorează în mare parte naturii materialelor sale active, care se găsesc în abundenţă şi preţului relativ redus al acestora. De la cifra modestă, citată de Leclanché [4], de 20 000 pile utilizate în Franţa şi în străinătate în anul 1868, s-a ajuns azi la o cifră de producţie de cîteva miliarde de pile pe an [5]. În acest timp, energia specifică pe care o pot debita la descărcare pilele uscate clasice

de formă cilindrică, a crescut de la 0,02 la 0,2 Wh/cm³, iar durata de depozitare înainte de funcționare, foarte scurtă la început, este azi de 18—24 luni . Astfel, cu toată apariția sistemelor noi de pile, pila uscată cu bioxid de mangan (Leclanché) este și azi cu mult cea mai folosită.

Importanța industrială a acestui sistem de pile a avut un ecou puternic în domeniul cercetărilor tehnico-științifice și i s-a consacrat o literatură vastă. Vom cita ca exemplu, un studiu documentar elaborat în 1948 la Institutul tehnologic din Georgia (S.U.A.) care cuprinde o bibliografie de peste 3 000 lucrări privind tehnologia pilei uscate [6].

Reacția sumară de funcționare în timpul descărcării pilei uscate cu bioxid de mangan, se scrie deseori sub următoarea formă [7]:

$$2\ Zn + 4\ NH_4Cl + 2\ MnO_2 = 2Mn(OH)_2 + [Zn(NH_3)_4]\ Cl_2 + ZnCl_2$$

O serie de procese care au loc în cadrul acestei reacții generale, dau naștere unei caracteristici de descărcare $U = f(t)$ descărcătoare. Descărcarea unei pile unitare începe la o tensiune de 1,5 V și se termină la o tensiune finală fixată

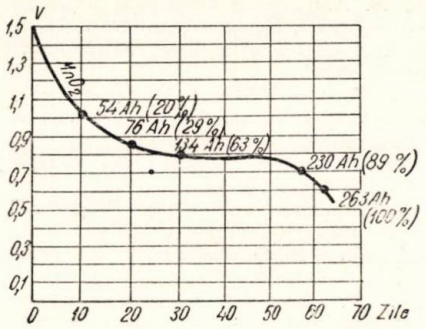


Fig. 1. Curbele de descărcare $U = f(t)$ a pilei cu bioxid de mangan, pînă la o tensiune finală de 0,6 V.

după natura aparatului care-l deservește, de 1,0, 0,75 sau 0,6 V. În fig. 1 se poate vedea caracteristica de descărcare pînă la o tensiune finală de 0,6 V a unei pile experimentale.

Caracterul descrescător al curbei de descărcare $U = f(t)$ se datorează variației neliniare a factorilor de care depinde tensiunea : f.c.e.m. de polarizare E_p și căderea de tensiunea ohmică Ir_a care rezultă din relația $U = E - E_p - Ir_a$. V. S. Lîzov, G. G. Morozov și A. G. Elsnitz [7] au arătat caracterul parabolic al acestei variații, exprimat prin formula :

$$U = U_i - b\sqrt{t}$$

în care U_i este tensiunea inițială ;

t — timpul de la începutul descărcării ;

b — constantă.

Valoarea tensiunii medii U_m a pilei în timpul descărcării este dată de formula (Lîzov) :

$$U_m = \frac{U_i + 2U_f}{3}$$

în care U_f reprezintă tensiunea finală a pilei la terminarea descărcării.

Căderea de tensiune în timpul descărcării este atribuită următoarelor cauze :

a) *Variației potențialului electrodului pozitiv* în timpul descărcări. Potențialul electrodului $Mn\,O_2 \rightarrow Mn_2\,O_3$ depinde de cantitatea de electricitate debitată de pilă, la întreruperea curentului nu revine la valoarea sa inițială de la începutul descărcării. Potențialul variază în mod continuu din cauza variației conținutului în oxigen (activ) în oxizii electrodului, care reprezintă combinații de compoziții variabile. Mărimea potențialului în fiece moment depinde de concentrația oxigenului în straturile superficiale ale oxizilor. O formulă experimentală indicînd variația potențialului electrodului de bioxid de mangan în funcție de cantitatea de electricitate debitată de pilă are următoarea expresie :

$$\varphi_K^0 = A + b_2 \log \frac{Q_0 - Q_K}{Q_k}$$

în care Q_0 este capacitatea electrochimică totală, Q_K—cantitatea de electricitate debitată de pilă ; A—potențialul catodului $\left(\text{cînd } Q_K = \frac{Q_0}{2}\right)$ și b_2— constantă care depinde de natura electrodului și de timpul scurs de la începerea descărcării : $b_2 = 0{,}090$ V pentru bioxid de mangan din Ciatura (Caucaz), $b_2 = 0{,}146$V pentru bioxid de mangan activat (G. A. P.)

Nereversibilitatea potențialului electrodului cu bioxid de mangan se datorează interacțiuni cu apa, cu oxigenul din aer precum și cu creionul de grafit și pulberea de grafit amestecată în masa aglomerată a electrodului.

De asemenea masa depolarizantă conține, de obicei diferiți oxizi ai manganului, care au potențiale electrochimice diferite. În ordinea succesiunii proceselor catodice, în primul rînd se reduc oxizii cu potențiale electrochimice mai pozitive pe măsura epuizării acestora, intervin oxizii mai puțin activi, cu potențiale mai mici.

b) *Variația potențialelor celor doi electrozi* funcție de pH-ul electrolitului, care la început este aproape neutru (pH = 6). Această variație reprezintă circa 60 mV de fiecare unitate. În timpul descărcării electrolitul devine din ce în ce mai alcalin, trecînd de la valorile pH = 5,8 la pH = 10,1. Astfel, valoarea potențialului electrodului pozitiv descrește cu circa 4,3 × 60 mV = 0,26 V. O descreștere asemănătoare are loc la electrodul negativ de zinc.

c) *Variația rezistenței interioară în funcție de gradul de descărcare a pilei.* La început se descarcă straturile exterioare ale pilei. Drumul parcurs de ioni devine din ce în ce mai lung, pe măsură ce avansează descărcarea. De asemenea formarea sărurilor complexe ș.a. contribuie la creșterea rezistenței masei depolarizante.

Caracteristica descrescătoare creează deseori dificultăți în utilizarea pilelor cu bioxid de mangan. Astfel, considerînd, de exemplu, bateriile cu o tensiune nominală de 4,5 V (3 pile în serie) folosite în mod curent în lămpile portative, se observă că funcționarea lor are loc în cea mai mare parte a timpului la tensiuni inferioare tensiunii nominale a bateriei. Pe de altă parte, pentru a se putea obține o energie cît mai mare, este necesar a utiliza bateria pînă la o tensiune finală cît mai joasă. În acest scop, tensiunea nominală a lămpilor cu incandescență, folosite în aceste lămpi portative, a fost fixată la 3,5 V. La începutul descărcării însă, lampa este supusă unei tensiuni prea ridicate, ceea ce reduce simțitor durata ei de viață. La sfîrșitul descărcării, cînd tensiunea bateriei ajunge pînă la jumătatea valorii ei inițiale, fluxul luminos al lămpii (în lumen), variind cu puterea a patra a tensiunii aplicate scade de 16 ori față de valoarea lui inițială.

Dificultăți asemănătoare au loc și în utilizarea bateriilor cu bioxid de mangan pentru încălzirea catozilor lămpilor electronice, impunîndu-se luarea unei serii de măsuri contra variației tensiunii bateriei de alimentare.

Deoarece investițiile în industria pilelor cu bioxid de mangan sînt foarte importante și materialele componente sînt relativ ieftine și abundente, s-a căutat să se remedieze neajunsurile acestor pile.

În acest articol ne-am propus a prezenta perfecționările care s-au adus pilelor cu bioxid de mangan cilindrice și plate în vederea îmbunătățirii curbei de descărcare, precum și modificările constructive ce s-au dovedit necesare în vederea utilizării lor în lămpile portative, aparatele moderne de telecomunicații ș. a. Aceste perfecționări constau în îmbunătățirea materialelor componente și a construcției celor trei părți principale ale pilei : electrodul pozitiv cu masa depolarizantă, electrolitul și electrodul negativ . Ne ocupăm de asemenea și de tipurile modificate ale pilei cu depolarizant bioxid de mangan, varianta pilei cilindrice — pila cu anod de magneziu (pilă de mare capacitate specifică) și varianta pilei plate, pila cu electrozi din folii subțiri.

2. Perfecționările aduse pilei cilindrice

a) *Electrodul pozitiv.* Electrodul cu oxid de mangan se prezintă sub forma unui cilindru din pulbere, presată în jurul unui creion de grafit (fig. 2).

Minereul de bioxid de mangan folosit în mod obișnuit în pilele uscate are un conținut mare de oxigen și este lipsit de impurități nocive, astfel că utilizarea lui să nu necesite un tratament prealabil sau, în orice caz, un tratament nu prea complicat. Un minereu foarte bun este cel din Caucaz (Ciatura) care a fost mult timp aproape singurul minereu utilizat în lumea întreagă [5].

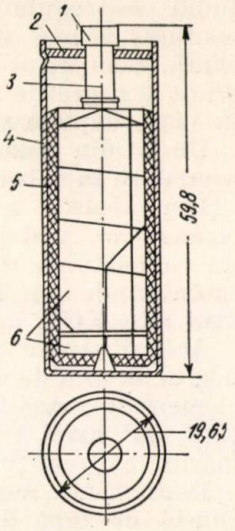


Fig. 2. Elementul uscat cu depolarizant bioxid de mangan :
1-bornă de alamă; *2*-rondelă-capac; *3*-electrod de cărbune; *4*-electrolit imobilizat; *5*-electrod de zinc; *6*-masă depolarizantă.

Prin descoperirea zăcămintelor din Ghana (Africa de Vest) minereul extras din aceste zăcăminte a început să fie utilizat și el pe o scară mare, mai ales în S.U.A., cu toate că această țară are o extracție proprie la Philipsburg (Montana). Minereu de bioxid de mangan pentru bateriile galvanice se mai extrage în Cuba, Java și Brazilia.

Minereul nostru de bioxid de mangan în stare nativă nu este bun pentru bateriile galvanice, necesitînd un tratament de deferizare și îmbogățire în MnO_2 [10].

Un efort tehnic considerabil a fost depus și se depune, pentru dezvoltarea formelor de MnO_2 mai active decît minereurile naturale. Astfel a luat naștere așa numitul bioxid de mangan activat, precum și bioxidul de mangan sintetic [11] [12].

Bioxidul de mangan din Ghana, cît și cel electrolitic preparat în anumite condiții, au structura alotropică γ a cristalelor [13].

Sînt cunoscute mai multe metode pentru aprecierea gradului de activitate a bioxidului de mangan în masa depolarizantă.

Toate aceste metode nu permit decît aprecieri parțiale, rămînînd astfel și azi, ca singura metodă de încercare, măsurarea potențialului catodic al elementului în timpul funcționării, metodă care oferă anumite criterii de apreciere. S-a propus să se ia ca bază relația $\varphi_K = 1{,}070 - 0{,}0608\ p\mathrm{H}$, stabilită între potențialul catodului și pH-ul electrolitului, pentru bioxidul de mangan din Ghana în soluția de clorură de zinc și amoniu. Devierea de la această relație, formează baza de apreciere a calității MnO_2 pentru diverse aplicații [14].

O altă metodă constă în măsurarea directă a capacității de depolarizare. O mostră de MnO_2 este redusă pînă cînd potențialul ei atinge o anumită valoare, depolarizarea avînd loc într-un curent de electrolit care îndepărtează toate produsele secundare ale reacției formate la catod. Se măsoară astfel eficacitatea MnO_2

exprimată în procente de oxigen folosit pentru electro-reducere.

O serie de cercetări asupra comportării bioxidului de mangan din Caucaz (Ciatura) precum şi a celui activat şi sintetic, fabricate în U.R.S.S., au fost făcute măsurînd potenţialul electrodului pozitiv al pilei uscate care conţinea aceste substanţe în masa depolarizantă. S-au făcut încercări şi cu un adaos de grafit şi negru de fum (de acetilenă, filburgin), în masa depolarizantă [15].

Unele din rezultatele acestui studiu sînt reproduse în tabela 1.

Din tabela 1 se poate observa că f.e.m. a elementelor cu depolarizant bioxid de mangan nu se modifică sensibil prin adaos de grafit sau negru de fum, în afară de cazul cînd electrolitul este KOH (alcalin).

Acelaşi studiu însă a dus la concluzii că negrul de fum de acetilenă măreşte capacitatea elementului. Acest lucru se datorează porozităţii mai mari a masei depolarizante şi deci măririi capacităţii de reţinere a electrolitului.

De asemenea, negrul de fum de acetilenă, care constă de fapt din particule foarte fine de grafit, formează un înveliş peste particulele mai mari de bioxid de mangan, înbunătăţind contactul electric între acestea.

În unele industrii, negrul de fum de acetilenă a fost înlocuit cu grafit de mare dispersie (< 10 microni), obţinîndu-se cu bioxid de mangan natural, capacităţi de ordinul celor obţinute cu bioxid de mangan sintetic.

Înlocuirea în elementele uscate a bioxidului de mangan printr-un alt depolarizant nu apare ca necesară, avînd în vedere abundenţa materiei prime, ieftinătatea ei relativă şi activitatea electrochimică mare.

Totuşi se folosesc de mult (mai ales în U.R.S.S., Franţa şi Germania) bateriile uscate cu depolarizare prin oxigen din aer, care se absoarbe pe o masă poroasă de cărbune activ (fig. 3). Masa conţine, de obicei, afară de negru

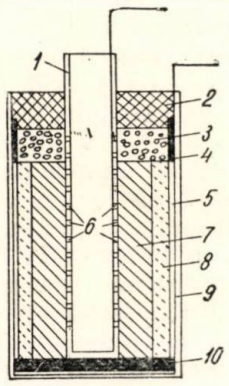


Fig. 3. Pila cu depolarizant aer şi electrolit imobilizat (uscat) :
1-cilindru de cărbune ; *2*-mastic de bitum ; *3*-rumeguş de lemn ; *4*-cilindru izolant de carton ; *5*-electrod de zinc (pahar) ; *6*-orificii pentru accesul aerului ; *7*-masă de cărbune activ ; *8*-electrolit imobilizat ; *9*-ambalaj de carbon ; *10*-rondea izolantă.

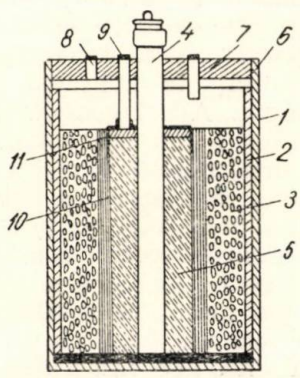


Fig. 4. Pilă cu depolarizant mixt :
1-înveliş exterior de carton ; *2*-electrozi de zinc în formă de pahar ; *3*-electrolit imobilizat ; *4*-electrod de cărbune ; *5*-masă depolarizantă din MnO_2 şi cărbune activ ; *6*-mastic de bitum ; *7*, *8*-tuburi pentru ieşirea gazelor ; *9*-tub de acces pentru aer în masa depolarizantă ; *10*-hîrtie absorbantă îmbibată cu electrolit ; *11*-strat de material poros.

de fum şi grafit, pentru mărirea conductibilităţii electrice [7, 16, 17, 18].

Unele elemente uscate, pe lîngă depolarizant MnO_2 au dispozitive şi pentru accesul aerului în masa depolarizantă (fig. 4). Aceste elemente uscate cu depolarizarea mixtă au masa depolarizantă compusă din 35 % MnO_2, 20 % cărbune activ şi 45 % grafit [7].

Măsurători asupra comportării diferitelor sorturi de bioxid de mangan în masa depolarizantă a pilelor uscate

Bioxidul de Mangan	Potenţialul de electrod al aglomeratului depolarizant în volţi (scara hidrogen)											
	În soluţia 4N H_2SO_4			În soluţia 4N NH 4 Cl			În soluţia 4N Ca Cl_2			În soluţia 4 N KOH		
	Materialul pur amestec 80 : 20*) amestec 80 : 17 : 3**)			Materialul pur amestec 80 : 20 amestec 80 : 17 : 3			Materialul pur amestec 80 : 20 amestec 80 : 17 : 3			Materialul pur amestec 80 : 20 amestec 80 : 17 : 3		
Sintetic	1,343	1,337	1,337	0,987	0,999	0,997	1,010	1,040 1,012	1,012	0,487	0,432	0,134
Minereu de cianură	1,352	1,349	1,343	0,801	0,763	0,764	0,868	0,834 0,815	0,815	0,217	0,193	0,180
Activat (industrial)	1,326	1,318	1,323	1,038	1,018	1,011	1,085	1,078 1,071	1,071	0,530	0,430	0,411
Activat de laborator)	1,338	1,330	1,334	0,912	0,907	0,989	0,990	0,985 0,979	0,977	0,401	0,325	0,302
Minereu nr. 1	1,379	1,371	1,373	0,877	0,863	0,862	0,894	0,894 0,886	0,886	0,391	0,391	0,391
	—			pH = 4,92			pH = 5,50			—		

*) Amestec 80 : 20 reprezintă 80 % MnO_2 + 20 % grafit
**) Amestec 80 : 17 : 3 reprezintă 80 % MnO_2 + 17 %+3 % negru de fum

Elementele cu depolarizant aer şi mixte, admit în general intensităţi de curent mai mici de 2—2,5 ori decît cele normale cu bioxid de mangan. Acest lucru se explică prin faptul că difuzia aerului în porii masei active este lentă. În schimb la intensităţi de curent mici, aceste elemente au capacitatea specifică mai mare decît cele normale (de circa 2—3 ori).

Un neajuns al acestor elemente constă în coroziunea rapidă a zincului din cauza accesului de aer. În aceste baterii, orificiile de acces al aerului, de obicei se închid în timpul repausului elementului.

b) *Electrolitul.* Inlocuirea clorurii de amoniu printr-un alt electrolit a fost încercată de mai multe ori. Astfel, în bateriile germane „Per-

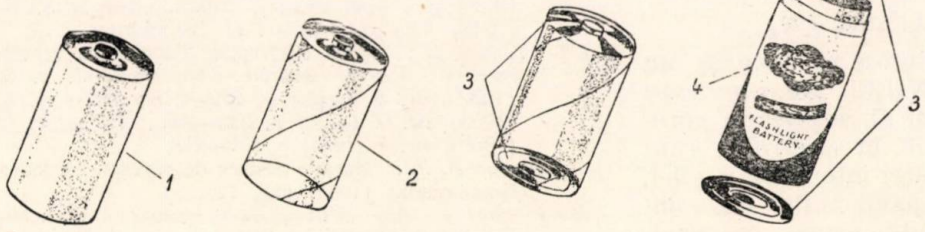


Fig. 5. Pila uscată zinc-bioxid de mangan cu înveliş exterior din tablă de oţel:
1-pila neînvelită; *2*-cilindru din pelicula izolantă (trei straturi); *3*-capace din oţel; *4*-cilindru exterior din oţel.

trix", a fost folosită timp de mulţi ani clorura de magneziu; de asemenea s-a utilizat clorura de calciu [12].

S-au făcut o serie de încercări cu clorura de sodiu şi clorura de calciu [19]. S-a constatat că prin înlocuirea electrolitului normal cu clorura de sodiu, capacitatea scade la 45 % din cea iniţială, iar înlocuirea cu clorura de calciu produce o scădere pînă la 60 %. Se pare, deci, că în cazul funcţionării în condiţii normale, electrolitul cel mai potrivit rămîne amestecul NH_4Cl şi $ZnCl_2$ [18].

A fost studiat, de asemenea, un nou material de gelatinizare (absorbant, imobilizator, fixator) pentru electrolitul elementelor uscate propunîndu-se silicagelul singur, sau amestecat cu 20 % făină de grîu. Au fost studiate şi alte substanţe, ca alcool polivinilic, metil-celuloză şi o sare a carboximetil celulozei, însă numai ultima a fost găsită potrivită mai ales pentru temperaturi scăzute.

Funcţionarea la temperaturi scăzute pune problema unui electrolit cu punct de cristalizare scăzut şi a unui material de gelatinizare potrivit. Rezultate bune se obţin prin introducerea clorurii de calciu, în cantitate egală cu clorura de zinc, într-o soluţie de 9 % clorură de amoniu. Cu acest electrolit, curba de descărcare $V = f(t)$ nu este mai coborîtoare ca cea normală; se pare că rezultatele cele mai bune se obţin însă cu un electrolit avînd 10—45 părţi clorură de litiu, 37 părţi clorură de amoniu şi 20—80 părţi clorură de zinc la 100 părţi apă. Rezultatele obţinute la —30°C şi —40°C au arătat că elementul poate debita la aceste temperaturi circa 10 % la condiţii de descărcare grele şi 20 % la descărcări uşoare din capacitatea elementului la temperatura normală.

În U.R.S.S. au fost elaborate reţete ale pastelor de electrolit permiţînd funcţionarea elementelor uscate de la —50°C pînă la +40°C respectiv de la —50°C pînă la + 60°C [20].

Problemele ce se pun funcţionării la temperaturi ridicate privesc mai ales coroziunea şi împiedicarea vaporizării apei. Pentru închiderea ermetică a elementului faţă de aceşti vapori, se foloseşte o învelitoare exterioară elastică, dintr-un material plastic pe bază de clorură de polivinil, păstrîndu-se însă o membrană permeabilă pentru hidrogen. Învelitoarea se depune prin pulverizare multiplă. O pilă cu un astfel de ambalaj debitează la 55°C, 87 % din capacitatea sa la temperaturi normale.

De asemenea, sînt utilizate şi pile cu vas exterior de oţel, cu închidere ermetică sau etanşare prin chituri din oxizi metalici, care au ca scop împiedicarea pierderii de apă din electrolit şi din masa depolarizantă.

c) *Electrodul negativ.* O serie de măsuri au fost luate pentru ameliorarea coeficientului de utilizare a anodului de zinc, care după cum se ştie, serveşte şi ca vas exterior al pilei. Reducerea pierderilor zincului prin coroziune este de asemenea foarte importantă şi din punctul de vedere al evitării perforării vasului însoţită de obicei de scurgerea electrolitului.

Coeficientul de utilizare a zincului în elementele uscate variază între 8 şi 50 %. El este mai mare la elementele cu electrolit neimobilizat (elemente umede) decît la cele uscate. Valorile mici ale acestui coeficient se explică prin condiţii de ordin mecanic, cerute de folosirea zincului ca vas al pilei şi care impune o anumită grosime minimă a peretelui de zinc, peste cea necesară funcţionării lui ca anod, în cadrul pilei de capacitate dată.

În 1951 a fost propusă o nouă construcţie a pilei Leclanché, cu anod central de zinc avînd forma unor aripioare învelite cu un strat de hîrtie îmbibată cu electrolit. Acest ansamblu este cuprins într-un cilindru de masa depolarizantă (catod) care este prevăzut cu un strat inelar plastic de carbon, servind drept colector de curent şi borna de ieşire.

O soluţie mai practică, care permite păstrarea tehnologiei utilajului actual, a fost introdusă

de o uzină producătoare de baterii uscate care foloseşte zincul numai ca cilindru anodic, vasul exterior fiind de oţel căptuşit cu o peliculă izolantă (fig. 5) [21, 22].

Pierderile de zinc prin coroziune, într-o pilă bine construită şi în absenţa din zinc a unor impurităţi nocive ca metalele grele, sînt în general foarte reduse cînd zincul este amalgamat. Acest lucru este valabil pentru o pilă în repaus, conţinînd un electrolit de NH_4Cl şi $ZnCl_2$, cu adaos de $HgCl_2$, la care în condiţiile normale de depozitare pierderile de depozitare sînt mici. Cînd însă pila debitează curent, din cauza variaţiei *p*H-ului şi a concentraţiei electrolitului, precum şi a epuizării mercurului din electrolit, pierderile de zinc prin coroziune devin mari, atingînd în unele cazuri 50 % din greutatea zincului necesar reacţiei generatoare de curent. Reacţia secundară (de coroziune) se exprimă prin relaţia:

$$Zn + 2NH_4Cl = ZnCl_2 \cdot 2NH_3 + H_2.$$

Se vede deci că coroziunea produce şi un consum suplimentar de NH_4Cl. De asemenea apariţia diaminei ca produs al reacţiei de coroziune, care este insolubilă în electrolit, cauzează o creştere a rezistenţei interioare a pilei.

Pînă în prezent, principalul mijloc de combatere a coroziunii zincului consta în amalgamarea lui. Cele arătate mai sus indică însă insuficienţa acestei metode. Unii consideră chiar că prezenţa $HgCl_2$ în electrolit activează mult coroziunea zincului în zona de contact aer — electrolit — zinc.

Acest din urmă neajuns a putut fi corectat într-o mare măsură prin o mai bună etanşare a pilei, avînd ca scop evitarea accesului oxigenului atmosferic. Etanşarea mai bună se realizează prin utilizarea unor chituri pe bază de oxizi metalici, mult mai compacte decît cele pe bază de răşini bituminoase (chituri negre). În construcţia pilei îmbrăcată într-o cutie de oţel descrisă mai sus, se realizează de asemenea o bună etanşare.

Problema găsirii unor inhibitori ai coroziunii zincului în contact cu electrolitul alţii decît mercurul, pare a nu fi uşor de rezolvat. Uzinele Burgess (S.U.A.) [7] folosesc în pastele de electrolit, care se imobilizează la temperaturi normale, un adaos de 0,1 % $Na_2Cr_2O_7$ în loc de $HgCl_2$. Acest conţinut de $Na_2Cr_2O_7$ este considerat ca optim pentru a împiedica coroziunea zincului, asigurînd o bună depozitare şi proprietăţi electrice bune. S-a stabilit că un adaos de 0,05 % $Na_2Cr_2O_7$ nu asigură o bună depozitare a elementului, iar 0,20 % pasivează mult zincul, coborînd proprietăţile electrice ale pilei. Şi în U.R.S.S. s-a studiat acţiunea de pasivizare a zincului prin săruri de crom. Nu toată lumea însă este de acord cu comportarea bună a zincului pasivizat cu săruri de crom în timpul funcţionării pilei, însă toţi acceptă eficacitatea acestui procedeu de pasivizare în condiţii de repaus.

S-a observat de asemenea că anumiţi componenţi din electroliţii uzuali (cereale) au şi ele o anumită acţiune de înhibare în procesul de coroziune a zincului.

Bibliografie

[1] *Leclanché G.:* Les Mondes v. 16 (1868) p. 532—5.
[2] *Gassner C.:* Brevet german nr. 37758 din 8 apr. 1886.
[3] *Tomassi D.:* „Traité des Piles Electriques", Paris (1889) Editura G. Carré, p. 267—271.
[4] *Leclanché G.:* Comptes-rendus. v. 63 (1876) p. 54—56.
[5] *Heise G. W.* şi *Cahoon N. C.:* „Dry cells of the Leclanche type" (Pile uscate de tipul Leclanché), Journal of Electrochemical Soc. v. 99 (1952), nr. 8 (aug.), p. 179 C — 187 C.
[6] *Bolen M.* şi *Weil B. H.:* „Literature Search on Dry Cell Technology" (Studiul documentar asupra tehnologiei pilei uscate). Atlanta-Georgia S.U.A. (1948) Georgia Institute of Technology.
[6] *Jumau L.:* „Piles électriques d'après les brevets recents". Revue Générale d'Electricité I. v. 59 (1950) nr. 9 (sept.) p. 372—378; II — v. 62 (1953) nr. 7 (iulie) p. 323—334; III — v. 65 (1956), nr. 7 (iulie) p. 401—418.
[7] *Okatov A. P.:* „Sursele chimice de curent". Moscova, Goshimisdat (1948) pag. 120.
[8] *Fihman L. A.:* „Pile şi Acumulatoare". Manualul Inginerului Electrician, Vol. III, Cap. I. Bucureşti, Editura Tehnică (1956), p. 38, 45—52.
[9] *Euler J.:* „Galvanische Primärelemente und ihre Verwendung" ETZ — B. v. 8 (1956) nr. 4 (apr.), pag. 129—135.
[10] *Cişman A.:* Studiul executat la Inst. Politehnic Timişoara.
[11] *Delano P. H.:* „Industrial Eng. Chemistry" v. 42 (1950) nr. 7 (iulie), p. 523.
[12] *Drotschmann C.:* „Trockenbatterien", Ed. 3-a, Leipzig, Akademischer Verlag (1945).
[13] *Cole W. F., Wadsley A. D.* şi *Walkey A.:* „Transaction Electrochemical Soc.", v. 92 (1947), nr. 3 (martie), p. 133—153.
[14] *Cahoon N. C.:* „Electrochemical evaluation of Manganese Dioxide for Dry Battery Use". (Determinarea electrochimică a bioxidului de mangan pentru utilizarea în pile uscate). Journal Electrochemical Soc. v. 99 (1952) nr. 9 (sept.), p. 343—348.
[4a] *Jennings W.* şi *Vosburgh W. C.:* „Proposed Mechanism for Self Discharge of the Leclanché Cell". (Procesele de autodescărcare propuse pentru pila Leclanché), Journal of Electrochemical Soc. v. 99 (1952) nr. 8 (aug.), p. 309—316.
[4b] *Johnson R. S.* şi *Vosburgh W. C.:* „Reproductibility of the Manganese Dioxide Electrode". Journal of Electrochemical Soc. v. 99 (1952) nr. 8 (aug.), p. 317—322.
[15] *Krivoluţcaia N. S.* şi *Temerin S. A.:* Citat după lucrarea Okatov A. P. (v. ref. bibl. 7, p. 151—154).
[16] *Socevanov V. G.:* „Galvaniceskie elementi. Moscova" Gosenergoisdat (1951), p. 138.
[17] *Drotschmann C.:* „Moderne Primärbatterien" Berlin — Schoenberg. Editura Nikolaus Branz (1951).
[18] *Coleman J. J.:* Journal Electrochemical Soc. v. 98 (1951), nr. 1 (ian.), p. 26.
[19] *Cuzmina E. E.* şi *Ocatov A. P.:* v. ref. bibl. 7, p. 120.
[20] *Morozov G. G.* şi *Krivoluţcaia N. S.:* v. ref. bibl. 7, p. 132.
[21] *Ray-O-Vac.:* „Journal Electrochemical Soc.", v. 99 (1952) nr. 8 (aug.), p. 226 C.

DISCUȚII

Folosirea operatorilor complecși la studiul circuitelor electrice polifazate

C.Z. 621.3.025.1 :512.98

Observații

O astfel de problemă este simplă, dar ținînd seamă că în literatură se întîlnesc rezolvări confuze, este recomandabil a o trata de data aceasta într-o formă mai detaliată.

Tensiunile electromotoare polifazate cu numărul de faze m diferit de 3. Să considerăm mai întîi cazul unui sistem de tensiuni bifazat ($m = 2$). Defazarea tensiunilor electromotoare nu mai corespunde arcului $\frac{2\pi}{m}$ pentru $m = 2$, deoarece într-un astfel de caz cei doi curenți electrici corespunzători n-ar putea produce un cîmp magnetic rezultant învîrtitor.

În cele ce urmează se arată că în cazul cînd cei doi curenți electrici sînt defazați cu $\frac{\pi}{2}$ și curg în două bobine decalate în spațiu tot cu $\frac{\pi}{2}$, atunci va lua ființă un cîmp magnetic rezultant învîrtitor.

Admitem în general cazul cînd cei doi curenți cu aceleași amplitudini și defazați în timp cu φ_{12} sînt :

$$i_1 = i_m \sin \omega t$$
$$i_2 = i_m \sin(\omega t - \varphi_{12})$$

și curg în două bobine din stator decalate cu φ_{12} (fig. 1).

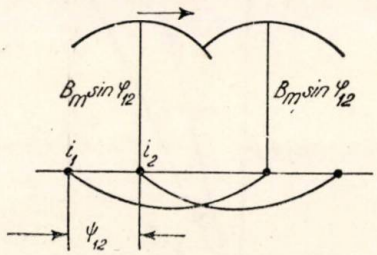


Fig. 1. Două bobine decalate în spațiu cu φ_{12} în care curg doi curenți electrici defazați în timp cu φ_{12}.

În stator se produc două cîmpuri magnetice oscilante pe care le descompunem în cîte două cîmpuri magnetice învîrtitoare cu sensuri opuse.

Avem :

$$b_1 = B_{mm} \sin \omega t \sin \alpha = \frac{B_{mm}}{2}[\cos(\omega t - \alpha) - \cos(\omega t + \alpha)]$$

$$b_2 = B_{mm} \sin(\omega t - \varphi_{12}) \sin(\alpha - \psi_{12}) =$$

$$= \frac{B_{mm}}{2}\cos\{[\omega t - \alpha - (\varphi_{12} - \psi_{12})] - \cos[\omega t + \alpha - (\varphi_{12} + \psi_{12})]\}$$

Pentru ca să se obțină numai un singur cîmp magnetic rezultant învîrtitor, care să rotească spre exemplu către α pozitiv, va trebui să rezulte :

$$b_\Delta = b_1 + b_2 = \frac{B_{mm}}{2}\{\cos(\omega t - \alpha) + \cos[\omega t - \alpha - (\varphi_{12} - \psi_{12})]\}$$

ceea ce înseamnă că pentru cîmpul magnetic învîrtitor care rotește spre stînga, va trebui să rezulte :

$$\cos(\omega t + \alpha) + \cos[\omega t + \alpha - (\varphi_{12} + \psi_{12})] = 0$$

Din această relație se desprinde condiția : $\varphi_{12} + \psi_{12} = \pi$ pentru ca să apară un cîmp magnetic învîrtitor care să rotească numai către α pozitiv. Ca urmare avem : $\varphi_{12} - \psi_{12} = 2\varphi_{12} - \pi$ și în consecință cîmpul magnetic învîrtitor b_Δ ia forma :

$$b_\Delta = \frac{B_{mm}}{2}[\cos(\omega t - \alpha) - \cos(\omega t - \alpha - 2\varphi_{12})]$$

Diferența amplitudinilor celor două funcțiuni cosinusoidale de mai sus se exprimă grafic.

Din fig. 2 rezultă

$$b_\Delta = B_{mm} \sin \varphi_{12} \cos\left(\omega t - \alpha + \frac{\pi}{2} - \varphi_{12}\right)$$

sau

$$b_\Delta = B_{mm} \sin \varphi_{12} \cos\left(\omega t - \alpha - \frac{\pi}{2} + \psi_{12}\right)$$

Pentru $\omega t = \frac{\pi}{2}$ cînd curentul electric i_1 este maxim, valoarea maximă a inducției magnetice $B_{mm} \sin \varphi_{12}$ se găsește

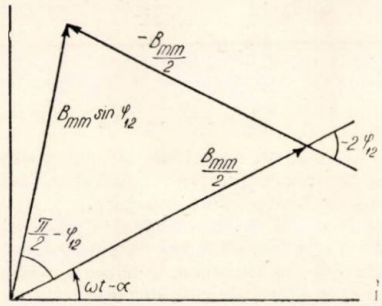


Fig. 2. Determinarea grafică a cîmpului magnetic rezultant b_Δ.

în dreptul arcului $\alpha = \psi_{12}$ (v. fig. 1), iar pentru $\omega t - \varphi_{12} = \frac{\pi}{2}$ cînd curentul electric i_2 devine maxim, valoarea maximă a cîmpului învîrtitor se găsește în poziția $\alpha = \pi$.

Pe de altă parte se constată că amplitudinea $B_{mm} \sin \varphi_{12}$ devine maximă pentru $\varphi_{12} = \frac{\pi}{2}$ ceea ce înseamnă că din relația $\varphi_{12} + \psi_{12} = \pi$ pentru $\varphi_{12} = \frac{\pi}{2}$ se deduce : $\psi_{12} = \frac{\pi}{2}$.

În concluzie : Dacă în două bobine decalate în spațiu cu $\frac{\pi}{2}$ curg doi curenți electrici defazați în timp tot cu $\frac{\pi}{2}$, ia ființă un cîmp magnetic rezultant învîrtitor, cu amplitudine maximă. Fig. 3 reprezintă cele două tensiuni electromotoare defazate în timp cu $\frac{\pi}{2}$.

Într-un astfel de caz operatorul complex este :

$$a = e^{-j\frac{\pi}{2}}$$

Astfel că :

$$\mathfrak{U}_1 = \mathfrak{U}_1,$$
$$\mathfrak{U}_2 = a\mathfrak{U}_1$$

Din cele dezvoltate pînă aici se vede uşor că în cazul cînd numărul de faze m este egal sau mai mare ca 3, decalarea bobinelor consecutive la un generator sincron va fi $\frac{2\pi}{m}$.

Fig. 4 reprezintă diagrama valorilor efective ale tensiunilor electromotoare la un generator sincron de m faze cu $m>3$.

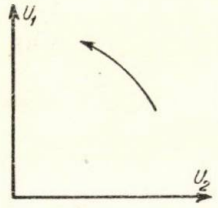


Fig. 3. Tensiunile electromotoare la un generator bifazat.

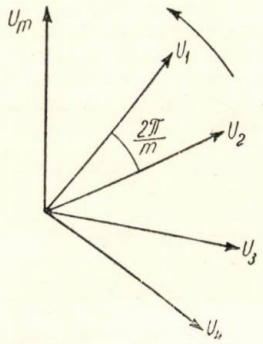


Fig. 4. Diagrama valorilor efective ale tensiunilor la un generator m-fazat

Avem :

$$\mathcal{U}_1 + \mathcal{U}_2 + \mathcal{U}_3 + \ldots + \mathcal{U}_m = 0$$

Operatorul complex ca fi :

$$a = e^{-j\frac{2\pi}{m}}$$

Astfel încît :

$$\mathcal{U}_1 = \mathcal{U}_1 \quad \mathcal{U}_2 = a\mathcal{U}_1 \ldots \mathcal{U}_m = a^{m-1}\mathcal{U}_1,$$

Bineînţeles că într-un astfel de caz, operatorii complecşi vor fi folosiţi la descompunerea tensiunilor nesimetrice în cele două grupuri de tensiuni simetrice.

Este de observat că în literatură [1] introducerea operatorilor complecşi este tratată într-o formă abstractă, desprinsă de realitate. Pentru a ne da seama în ce constau obiecţiile aduse lucrării amintite mai sus, le vom urmări pe puncte :

La punctul 1. Se vorbeşte de o maşină sincronă cu un cîmp magnetic uniform, ceea ce nu există :

Prin ω se înţelege în acelaşi timp atît pulsaţia ω cît şi viteza unghiulară a cîmpului magnetic învîrtitor : $\frac{2\pi n_r}{60}$ ceea ce nu este valabil cînd p este mai mare decît 1.

Valorile efective ale tensiunilor electromotoare sînt considerate ca vectori ceea ce nu este corect. Valorile efective nu pot fi confundate cu mărimile care au un caracter vectorial, cum ar fi spre exemplu : forţa, viteza, intensităţile cîmpurilor electrice respectiv magnetice, densitatea de curent electric etc.

Într-un circuit electric, în regim sinusoidal, suma a doi curenţi electrici care apar ca funcţiuni sinusoidale de timp reprezintă un curent electric rezultant care este tot o funcţiune sinusoidală de timp. Avem :

$$i_{1m}\sin(\omega t - \varphi_1) + i_{2m}\sin(\omega t - \varphi_2) = i_m(\omega t - \varphi_1 - \psi)$$

Pentru determinarea amplitudinii curentului rezultant i_m şi a defazării acestuia faţă de primul curent electric, ψ, ne folosim de diagrama din fig. 5. Din diagramă se vede că amplitudinea i_m apare ca o sumă geometrică a amplitudinilor celor doi curenţi i_1 şi i_2 în acelaşi timp se determină şi defazarea ψ. Este greşit ca diagrama din fig. 5 să fie denumită diagrama vectorială, deoarece în diagramă nu apar mărimi cu caracter vectorial. Curenţii i_1, i_2 şi i sînt mărimi cu caracter scalar. O astfel de diagramă este denumită *diagrama amplitudinilor* respectiv a *valorilor efective*, deoarece valorile efective sînt exprimate prin amplitudini împărţite cu $\sqrt{2}$. Aşa dar, adunarea geometrică a amplitudinilor reprezintă o simplă metodă de determinare a amplitudinii funcţiunii sinusoidale rezultante, ştiind că curenţii electrici i_1, i_2, i sînt mărimi cu caracter scalar.

Proiecţiile amplitudinilor pe ordonată reprezintă valorile momentane ale curenţilor electrici. În consecinţă, atunci cînd în urma cercetării circuitelor electrice, rezultă un sistem de n ecuaţii pentru cele n *valori efective* ale curenţilor electrici se remarcă că astfel de ecuaţii nu mai pot fi considerate ca algebrice, deoarece valorile efective ale curenţilor electrici se adună geometric. Din acest motiv : valorile efective ale tensiunilor, ale curenţilor precum şi parametrii circuitelor electrice se reprezintă în forma complexă, ele păstrîndu-şi în *planul complex* reprezentarea lor geometrică şi totuşi ecuaţiile le rezolvăm ca şi cum ar fi algebrice. Iată, deci, în ce constă marele merit al aplicării metodei complexe la rezolvarea ecuaţiilor circuitelor electrice, în regim sinusoidal.

Autorul articolului greşeşte cînd menţionează că prin relaţia [2] :

$$\overline{V} = \overline{V_1}\,\overline{V_2} = V_1 e^{j\varphi_1} V_2 e^{j\varphi_2}$$

se înţelege o înmulţire de vectori, făcînd în acelaşi timp şi afirmaţia că aici nu este vorba de produs scalar sau vectorial a doi vectori. Din afirmaţia de mai sus a autorului, rezultă că el consideră mărimile electrice în *planul complex* ca mărimi cu caracter vectorial.

Tot din afirmaţia autorului se mai poate trage şi următoarea concluzie : În calculul vectorial s-a omis să se arate că pe lîngă produsul scalar, respectiv produsul vectorial, ar mai fi trebuit să se menţioneze şi produsul de vectori arătat mai sus.

Autorul articolului nu a observat că din moment ce valorile exprimate complex au loc numai într-un plan complex,

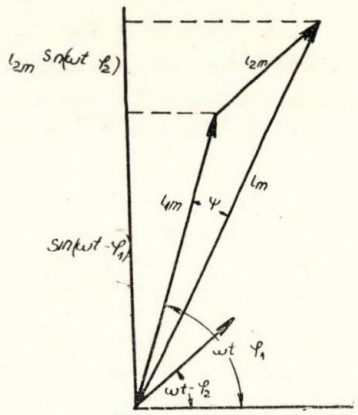


Fig. 5. Reprezentarea grafică a amplitudinilor funcţionale sinusoidale.

mărimile cu caracter vectorial nici nu au ce căuta într-un astfel de plan.

La punctul 2. Pentru a se ajunge la reprezentarea operatorului autorul introduce mărimea simbolică β_α în aşa fel încît β_α^q să reprezinte operatorul rotit cu arcul $q\alpha$.

De ce evită autorul să menţioneze că o astfel de mărime simbolică nu poate fi alta decît numărul complex $e^{jq\alpha}$?

Răspunsul se poate formula trecînd la punctele 3 şi 4.

La punctele 3 şi 4. Autorul introduce :

$$\beta_\alpha^n = -1 \quad \beta_\alpha^{2n} = 1 \ldots \beta_\alpha^{\lambda n} = 1$$

în care : $n\alpha = \pi$. Ca urmare :

$$\beta_\alpha = (-1)^{\frac{1}{n}} = (-1)^{\frac{\alpha}{\pi}} = (-1)^{\frac{2}{m}} = 1^{\frac{1}{m}}$$

în care : $\alpha = \frac{2\pi}{m}$.

În felul acesta autorul obţine ecuaţia : $X^m - 1 = 0$. Spre

exemplu pentru $m = 3$ ecuaţia ia forma: $X^3 - 1 = (X-1)(X^2 + X+1)=0$ cu rădăcinile $X_1=1$; $X_2=1\varepsilon_1$; $X_3=1\varepsilon_2$ în care:

$$\varepsilon_1 = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} = a; \quad \varepsilon_2 = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

Ca urmare autorul determină operatorii a, a^2, prin rezolvarea ecuaţiei $X^3 - 1 = 0$.

În cazul cînd avem $m = q$, operatorii se vor obţine din rezolvarea ecuaţiei:

$$X^q - 1 = (X-1)(1 + X^2 + \ldots + X^{q-1}) = 0.$$

În relaţia:

$$\beta_{\frac{2\pi}{2}} = (-1)^{\frac{2\pi}{\frac{2}{\pi}}} = (-1)^{\frac{2}{2}} = \sqrt[2]{1}$$

prezentată în lucrare, autorul nu a remarcat că apare: $\pm\sqrt[2]{1}$.

Din punct de vedere matematic nu era nevoie să se introducă mărimea simbolică β_α^q pentru a se ajunge la ecuaţia de mai sus, din moment ce β_α^q reprezintă mărimea complexă e^{jaq}

Ţinînd seama că $\beta_{\frac{2\pi}{m}}$ este un număr complex se poate ajunge la ecuaţia $X^m - 1 = 0$ foarte simplu în felul următor: Dat fiind că arcul se poate măsura nu numai în radiani ci şi în cuadranţi, adică în loc să se ia raza cercului egală cu unitatea, se poate lua sfertul de cerc ca unitate de lungime, rezultă:

$$\alpha \text{ cuadranţi} = \alpha \text{ radiani} \cdot \frac{1}{\frac{\pi}{2}}.$$

În consecinţă se introduce operatorul a în forma complexă, aşa cum se cuvine, de unde se deduce uşor ecuaţia de mai sus. Avem:

$$a = e^{j\frac{2\pi}{m}\frac{\frac{\pi}{2}}{\frac{\pi}{2}}} = e^{j\frac{\pi}{2}\frac{2\pi}{m}\frac{1}{\frac{\pi}{2}}} = j^{\frac{4}{m}} = (-1)^{\frac{2}{m}\frac{1}{m}} = 1$$

astfel că:

$$X^m - 1 = 0.$$

Bineînţeles că nu era necesar să se determine operatorii din rezolvarea ecuaţiei $X^m - 1 = 0$, aşa cum face autorul, din moment ce operatorul este un număr complex.

Răspunsul la întrebarea pusă la început este deci următorul: Dacă autorul ar fi exprimat din capul locului $\beta_{\frac{2\pi}{m}}$ în forma complexă:

$$\beta_{\frac{2\pi}{m}} = e^{j\frac{2\pi}{m}} = a$$

atunci ar deveni inutilă introducerea ecuaţiei $X^m - 1 = 0$ pentru determinarea operatorului.

Chiar dacă autorul ar fi ajuns la ecuaţia: $X^m - 1 = 0$, s-a văzut că nu era necesar să se folosească de un simbolism forţat şi necomplet, deoarece din punctul de vedere matematic, autorul nu aminteşte nimic despre periodicitatea lui β_α.

Ceea ce este destul de regretabil constă în faptul că la punctul 4 autorul consideră pentru sistemul bifazat defazarea între tensiuni arcul π dedus din $\frac{2\pi}{m}$ pentru $m = 2$.

În lucrarea de faţă s-a găsit necesar să se trateze problema operatorilor complecşi, într-o formă mai detaliată, introducîndu-se în lucrare şi explicaţia de ce la un sistem bifazat, defazarea între cele două tensiuni este $\frac{\pi}{2}$ iar nu π. Ca ultimă observaţie se remarcă că autorul în lucrarea sa nu arată rostul introducerii operatorilor complecşi.

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU

Bibliografie

[1] *Antoniu, I.S.*: Operatorul de reprezentare a sistemelor polifazate simetrice. Electrotehnica, 3(1955) nr. 8, p. 364.
[2]. *Antoniu, I.S.*: Culegere de probleme de electrotehnică. Ed. Energetică de Stat, Bucureşti, 1955, p. 13.

Răspuns

În cele ce urmează, mă voi ocupa în special de obiecţiile aduse notei mele, rămînînd ca la urmă să examinez şi anumite puncte ale notei Prof. Dr. Ing. Andronescu.

1. Obiectul notei mele a fost prezentarea sub o altă formă a operatorilor de rotaţie necesari în exprimarea analitică a vectorilor reprezentativi ai unui sistem polifazat simetric oarecare.

Trebuie să arăt, din capul locului că, contrar celor insinuate de Prof. Andronescu, că „evit" să menţionez că operatorul simbolic nu este altceva decît numărul complex $e^{jq\alpha}$, pretutindeni în notă scriu expresia operatorului sub ambele forme

$$a + jb$$

şi

$$1\angle\alpha \; ; \qquad (1)$$

ori, toată lumea ştie că reprezentarea simbolică (1) a lui Kennely reprezintă tocmai numărul complex $e^{j\alpha}$

Nu a fost o scăpare a mea ci intenţionat nu m-am preocupat de modul cum se produce cîmpul de inducţie magnetică şi nici de repartiţia lui, aceste chestiuni neavînd nici o legătură directă cu cele ce urmau. De aceea am spus că forţele electromotoare ale sistemului polifazat sînt produse de un număr de bobine care se *rotesc* în jurul unei axe într-un cîmp magnetic uniform. Situaţia deşi teoretică, poate fi realizată experimental destul de uşor. De altfel, acest mod de a prezenta chestiunea este utilizat de foarte mulţi autori, dintre care nu voi cit decît [2, 3 4]. Modul acesta de prezentare a producerii forţelor electromotoare sinusoidale se face pe consideraţii didactice elementare, chestiunea fiind astfel mai uşor de înţeles. Ca şi aceşti autori, am considerat cîmpul în care se rotesc bobinele respective ca fiind uniform şi produs de o singură pereche de poli. În consecinţă, introducerea pe care Prof. Andronescu o face nu are legătură cu nota mea şi este, de altfel, o chestiune cunoscută.

2. În legătură cu noţiunea de *vector* pe care o utilizez în nota mea, trebuie să fac următoarele observaţii:

a) Întreaga literatură tehnică foloseşte denumirea de vector pentru a defini orice mărime din teoria curenţilor alternativi care este exprimată prin cantităţi complexe [6—14]. Această utilizare este justificată dacă ţinem seama că una din definiţiile vectorului este: „orice mărime care se poate reprezenta geometric ca segment orientat se numeşte vector" [5]. Mărimile care apar în circuitele de curent alternativ se studiază reprezentîndu-le prin vectori în plan (în cazul mărimilor sinusoidale) a căror modul este constant (în cazul regimului permanent) şi a căror argument variază liniar cu timpul. Aceşti vectori se numesc de obicei, *vectori de timp*. În mod curent putem avea mărimi scalare în spaţiul geometric dar cu caracter vectorial în timp, mărimi care se reprezintă prin segmente de dreaptă orientate, care fac un unghi cu o direcţie origine oarecare. Spre a-i deosebi de vectorii spaţiali, unii autori recomandă o notare diferită V, litere grase etc. C.E.I., la reuniunea din 1954 de la Philadeplhia, a propus ca vectorii spaţiali să fie notaţi prin V, vectorii de timp prin $\dot{V}$ şi, în cazul un vector este şi spaţial şi de timp prin $\overline{V}$ [15]. În această categorie intră *curentul alternativ, forţa electromotoare alternativă şi tensiunea alternativă, fluxul magnetic etc.*

Dar în studiul curenţilor alternativi se mai reprezintă prin vectori şi *impedanţa, admitanţa şi puterea aparentă*, care nu mai sînt nici vectori de spaţiu geometric, nici vectori de timp; ei sînt vectori, în spaţii fizice speciale. Astfel puterea aparentă este un scalar în spaţiul geometric dar este un vector în spaţiul putere activă-putere reactivă.

Rezultă dar că utilizarea acestei noţiuni în nota mea este corectă şi în concordanţă cu uzanţa ştiinţifică actuală, atît de răspîndită.

Pînă nu se va găsi o altă denumire pentru acest tip de vectori, va trebui să o întrebuinţăm pe aceasta. Observăm că în literatura germană [16] s-au denumit vectorii de timp „Zeiger", denumire interesantă, dar care se pare că n-a prins încă nici în literatura germană [1]) şi în orice caz n-are corespondenţă în alte limbi.

b) Acestor vectori li se aplică toate operaţiile cunoscute în algebra vectorială, cu excepţia produsului pentru care a fost definit un alt produs, numit produsul algebric; produsele scalar şi vectorial nu se aplică, în general.

Astfel produsul scalar al mărimilor U şi I ne dă puterea aparentă, iar modulul produsului vectorial al aceloraşi mărimi, luat cu semnul său, ne dă puterea reactivă [4, p. 231] De asemenea, împărţirea acestor vectori urmează o altă regulă decît aceea cunoscută în calculul vectorial.

Faţă de cele de mai sus, consider că am răspuns la pasajul din nota autorului privitor la produsul dintre doi vectori de timp; găsesc de asemenea neoportună concluzia privitoare la menţionarea alături de produsele scalar şi vectorial a produsului algebric. În privinţa mărimilor cu caracter vectorial exprimate într-un plan complex, recomand lucrarea [17]

c) Găsesc că este necesar a reaminti că, deşi curentul este o mărime scalară în spaţiu, în calculul tensorial avem *vectorul* curent şi *nu scalarul* curent; de asemenea avem *vectorul* tensiune şi *nu scalarul* de tensiune; componentele acestor vectori sînt mărimile scalare obişnuite de curent sau de tensiune.

3) Consider regretabil că nu s-a ţinut seama de reprezentarea lui Kennelly a mărimilor complexe

$$e^{j\alpha} = 1\angle\alpha;$$

s-ar fi putut vedea că, absolut toţi operatorii determinaţi de mine au fost exprimaţi sub formă complexă în două moduri: algebric, sub forma $a + jb$ şi simbolic, sub forma $1\angle\alpha$. Mai mult, în cazul general, am exprimat operatorii sub forma trigonometrică

$$\cos n\frac{2\pi}{q} + j \sin n\frac{2\pi}{q},$$

care, ţine seama de relaţiile lui Euler

$$\cos n = \frac{e^{jn} + e^{jn}}{2} \text{ şi } \sin n = \frac{e^{jn} - e^{jn}}{2j}$$

nu este altceva decît $e^{jn\frac{2\pi}{q}}$.

Introducerea ecuaţiei $X^2 - 1 = 0$ a avut de scop a arăta cititorului un alt mod de a determina un operator de rotaţie. Această prezentare mai are avantajul de a scoate în evidenţă imediat unele proprietăţi fundamentale ale acestor operatori, şi anume:

a) Unul din operatori este egal cu unitatea, corespunzînd vectorului principal al sistemului.

b) Întotdeauna

$$\sum_{0}^{m-1} X^k = 0 \qquad (2)$$

c) În cazul cînd $k = 2n$, ecuaţia (2) are toate rădăcinile complexe, două cîte două conjugate.

In cazul cînd $k = 2n - 1$, ecuaţia (2) are o rădăcină egală cu -1, corespunzînd vectorului principal al sistemului

d) Diversele rădăcini ale ecuaţiei (2) pot fi exprimate prin puterile uneia din ele.

4. Nu consider o lipsă de observaţie a mea faptul că în relaţia

$$\beta\frac{2\pi}{2} = \sqrt[2]{1}$$

n-am pus semnele $\pm$ în faţa radicalului deoarece scriu mai jos că operatorii respectivi se obţin din ecuaţia $x^2 - 1 = 0$ şi arăt că aceştia sînt în număr de 2.

5. În ceea ce priveşte sistemul *bifazat simetric* defazarea între vectorii reprezentativi ai acestui sistem este π [18]. Dacă ar fi astfel, atunci condiţia fundamentală ca un sistem să fie simetric

$$\Sigma e = 0$$

nu ar mai fi satisfăcută. Un astfel de sistem nu are însă o utilitate practică deoarece nu se poate obţine un cîmp învărtitor.

În practică se obişnuieşte a se defini sistemul bifazat sistemul tetrafazat incomplet [19], produs de două bobine decalate la $\frac{\pi}{2}$ şi avînd vectorii reprezentativi ai forţelor electromotoare

$$\bar{E}_1 = \bar{E}_1$$

$$\bar{E}_2 = j\bar{E}_1$$

Este deci jumătate din sistemul tetrafazat.

Acest sistem însă este un sistem nesimetric, deoarece

$$\bar{E}_1 + \bar{E}_2 \neq 0;$$

el dă cîmpul învîrtitor căutat.

Pentru a-l deosebi de precedentul, acest sistem se numeşte în literatură, *difazat*.

În încheiere ţin să mulţumesc tov. Prof. Pl. Andronescu pentru atenţia pe care o dă lucrărilor mele. Îmi pare însă rău că D-sa caută să dea interpretări speciale celor scrise de mine, chiar dacă ele sînt în discordanţă cu uzanţele ştiinţifice actuale.

Prof. dr ing. I. S. ANTONIU

[1]) v. Kafka H.: *Dtsch. Elektrotechn.* 10 (1956)12, p. 451—455. *N.R.*

Bibliografie

[1] *Antioniu, I. S.*: Operatorul de reprezentare a sistemelor polifazate simetrice. Electrotehnica, 3 (1955) nr. 8, p. 364.
[2] *Crug, C. A.*: Bazele electrotehnicii (trad. lb. rusă). vol. II, p. 3.
[3] *Neiman L. R.* şi *Kalantarov P. L.*: Bazele teoretice ale electrotehnicii (trad. lb. rusă). vol. II, p. 22.
[4] *Fallou J.*: Lecons d'électrotechnique générale, Paris, 1949, p. 198 şi 319.
[5] Hütte. Ed. A.G.I.R., 1947, p. 164.
[6] *Mallett E.*: Vectors for Electrical Engineers, Londra, 1933. 1933.
[7] *Müller O.*: Einführung in die symbolische Methode der Wechselstromtechnik, Leipzig, 1951.
[8] *Blondel A.*: Les courants alternatifs, Paris, 1933.
[9] *Fraenkel A.*: Theorie der Wechselströme, Berlin, 1930.
[10] *Pomey, J. B.*: Aplications des imaginaires au calcul vectorial, Paris, 1933.
[11] *Lundholm R.*: A Generalised Vector Theory, Stockholm, 1924.
[12] *Crug, C. A.*: Op. cit.
[13] *Neiman, L. R.* şi *Kalantarov P. L.*: Op. cit.
[14] *Fallou J.*: Op. cit.
[15] * * *: Electrotechn. Z. A, 76 (1955) nr. 2, p. o96.
[16] *Landolt M.*: Komplexe Zahlen und Zeiger in der Wechselstromlehre, Berlin, 1936.
[17] *Stratton I. A.*: Electromagnetic Theory. Mc. Graw Hill Book Co., Inc., New York, 1941.
[18] *Blondel A.*: Op. cit., p. 336.
[19] *Iliovici A.*: Les coordonnées symetriques en électrotechnique, Paris, 1934, p. 41 şi 252.
[20] *Fortescue C. L.*: Trans. Am. Inst. electr. Engrs. 1918.
[21] *Iliovici A.*: Op. cit. p. 77.

REFERATE

Mașini și transformatoare electrice

CZ 621.316.926

Protecția de supratemperatură la transformatoare în ulei din cauza supraîncărcării și defecte. [După *Schneider, M.*: Elektrische Bahnen, 257 (1956) nr. 2, p. 39—43].

La un număr de 18 transformatoare ale rețelei de înaltă tensiune ale căilor ferate federale germane (DBB) s-a pus în exploatare un nou tip de aparat de protecție de supratemperatură la transformatoare în ulei datorită, fie supraîncărcării, fie unor defecte interne în bobinele transformatoarelor. Noul aparat se montează pe conducta de legătură între cuvă și vasul de expansiune al uleiului. El se bazează pe măsurarea presiunii statice (înălțimii) în vasul de expansiune și pe măsurarea presiunii datorite curentului de ulei ce trece din cuvă în vasul de expansiune. Aparatul indică în orice moment starea de încărcare și rezerva disponibilă în transformator fiind echipat și cu indicator la distanță la tabloul din centrală. În același timp, aparatul este echipat cu contacte pentru comenzi la distanță în vederea conectării aparatelor de comandă ale transformatorului. *O.S.*

CZ 621.313.011.3

Asupra variației optime a inductanței pentru un factor de putere maxim a mașinilor cu inductanță variabilă. [După *M. Marinescu* și *M. Popov*; Dtsche Elektrotechn.; 10 (1956) nr. 10, p. 371—375].

Plecînd de la relațiile teoretice care leagă dimensiunile mașinilor electrice de randament și factor de putere, autorii constată că acesta din urmă are o influență mare în cazul mașinilor cu reluctanță variabilă. Aplicînd regulile calculului variațional expresiei factorului de putere, se constată că acesta devine maxim cînd puterea deformantă se anulează. Apoi se stabilesc domenii în care curba extremală a variației curentului trebuie să îndeplinească anumite condiții spre a deveni optimă. În cazul unei tensiuni sinusoidale se deduc curbele curentului și a variației inductanței în funcție de gradul de modulație. Valoarea teoretică maximă a factorului de putere este $\frac{1}{\sqrt{2}} = 0{,}707$ practic putîndu-se atinge probabil 0,5, deci un multiplu al valorilor actuale. Din cercetare rezultă noi puncte de vedere pentru construcția mașinilor cu inductanță variabilă.

Lucrarea este importantă pentru construcția ciocanelor electrice, care ar putea fi reduse considerabil în greutatea lor. Întrebarea este însă cum se realizează variația optimă a inductanței? Pentru aceasta autorii nu indică nici o soluție. Este probabil că studiile respective sînt în curs. *A.A.*

CZ 621.315.333.018.6

Vibrații radiale autoexcitate ale rotorului mașinilor de inducție cu căi de curent în paralel. [După *Krondl, M.*: Bull. Ass. Suisse. Electr.; 47(1956) nr. 13, p. 581—588].

Se arată rolul pe care îl au căile de curent în paralel în ceea ce privește subdivizarea convenabilă a secțiilor și reducerea atracției magnetice unilaterale ce se produce în cazul excentricității rotorului. Mașinile de inducție normale perfect simetrice în ceea ce privește căile de curent pot fi în anumite împrejurări sediul unor puternice oscilații radiale autoexcitate ale rotorului. Pentru aceasta autorul consideră un motor cu rotorul bobinat de construcție normală, cu înfășurări simetrice și cu număr întreg de crestături pe pol și fază căruia îi analizează autoexcitația aplicînd metoda caracteristicii de frecvență (diagrama lui Nyquist).

Autorul mai studiază cazul cîmpurilor învîrtitoare cînd rotorul este necentrat dînd o serie de calcule interesante indicînd totodată și aproximările făcute, adică: saturația fierului care reduce forțele magnetice unilaterale, armonicile cîmpului provenind din saturarea fierului, rigiditatea inegală a carcasei și palierelor, neliniaritatea dependenței dintre forțele magnetice și mecanice.

Se indică mijloacele prin care aceste vibrații radiale autoexcitate se pot reduce sau înlătura.

Metodele dezvoltate în acest articol mai permit controlul general al diferitelor conexiuni a înfășurării în ceea ce privește calitatea lor. *F.T.*

CZ 621.314.2.0.42.2

Table silicioase pentru transformatoare mici. [După: *H. Hesselbach, R.* Elektrotechnik Würzburg, 38 (1956), 16 (14 apr.), pag. 139—140].

Prin laminare la rece au fost create în ultimul timp noi calități de table cu pierderi mici care au umplut un gol îndelung simțit în construcția transformatoarelor de putere și s-au introdus și în construcția transformatoarelor mici. Reducerea pierderilor este obținută prin conținutul mare de siliciu (3,4...4,3 %), ceea ce produce însă și o mai mare fragilitate a materialului, așa că tablele cu conținut mai mic de siliciu sînt mai ușor prelucrabile și deci mai economice. Totuși condițiile pe care trebu'e să le îndeplinească în privința tehnologiei și exploatării tablele pentru transformatoare mici diferă de cele pentru transformatoarele de putere. Acestea stau doar puțin timp la plină sarcină; de aceea joacă rol important randamentul lor și se tinde la pierderi mici de mers în gol, limita inducției maxime este impusă în primul rînd de pierderile miezului. Fabricația transformatoarelor mici este dominată de criteriul producției în serie, inducția maximă este limitată de curentul de magnetizare; sînt dorite pierderi mici în cupru, fiind dată de obicei o sarcină constantă. Importanța relativ mică a pierderilor în fier la transformatoarele mici este explicată prin faptul că în general pierderilor în cupru reprezintă un multiplu al puterilor în fier, ceea ce la dimensiuni mici este condiționat mai ales de forma miezului.

Materialele pentru miezul transformatoarelor mici nu trebuie apreciate pe baza pierderilor de magnetizare; drept criteriu trebuie luată caracteristica de magnetizare sau permeabilitatea la inducția de funcționare. Pe această bază se deduce formula puterii aparente proprii de magnetizare.

În ultima vreme, din motivele citate mai sus, se preferă pentru transformatoarele mici table cu conținut mic de siliciu. Bune calități magnetice și deci economice prezintă tablele laminate la cald puțin orientate. Si la prelucrarea tablelor orientate pentru piese ștanțate pot fi obținute puteri de magnetizare mult mai mici. *Á. S.*

CZ 621.313.042.2

Despre folosirea noilor tipuri de table de oțel electrotehnic în construcția mașinilor electrice și a transformatoarelor de forță. [După: *B. F. Trahtenberg*, Vestnic Electropromîslenosti, 27 (1956)8, pag. 46—53].

Folosirea în ultima vreme a tablelor de oțel laminate la rece (HVP), cu pierderi mult reduse, de pildă tipul cu $P_{10} = 0{,}59$ W/kg și $P_{1\,5} = 1{,}45$ W/kg, a dus la reducerea greutății transformatoarelor de forță cu circa 30—35 %. Totuși se ține seama că trecerea la producția tablelor HVP necesită reorganizarea și reutilarea completă a secțiilor de laminare și termice a uzinelor metalurgice și la fel schimbarea tehnologiei fabricilor de mașini electrice și transformatoare. Din cauza aceasta s-a pus problema folosirii unor noi sorturi de table de oțel laminate la cald, cu calități electrice îmbunătățite. Astfel pentru transformatoare au fost realizate tipurile noi VE 41, E42 și E43. În specialtimpul E 43 are pierderi reduse față de tipul anterior E4AA respectiv $P_{10} = 1{,}05$ W/kg față de 1,2 și $P_{15} = 2{,}5$ W/kg față de 2,9. Sînt date rezultatele încercărilor asupra unor loturi experimentale de transformatoare la care s-au folosit tablele E42 și E43.

Pentru mașini electrice a fost realizată tabla DHP (pentru diname cu pierderi reduse), avînd caracteristicile: $P_{10} = 1{,}6—2$ W/kg, $P_{15} = 3{,}7—4{,}2$ W/kg B25 = 14900—15100. $P = 0{,}44$ ohm. mm²/m. S-au făcut o serie de experimentări pentru serii de motoare sincrone folosindu-se marca DHP și sînt examinate rezultatele respective. *B.A.*

CZ 621.313.322—84

Generatoare trifazate compundante pentru porniri în suprasarcină [După *Höhler, H.*: Elektrotechnik Würzburg, 38 (1956) 17/18, p. 151—152].

Grupurile generatoare, mai ales cele de şantier, formate dintr-un generator trifazat şi un motor Diesel, utilizate la diferite acţionări electrice, alimentează în special motoare cu rotor în scurtcircuit, care la pornire au curent mare şi cos φ mic. Debitarea puterii nominale sau suprasarcina trecătoare produc o scădere a tensiunii generatorului din cauza a 3 factori:

1) cădere de tensiune neîntîrziată produsă de inductanţa de dispersie în funcţie de şocul de curent;

2) cădere întîrziată de tensiune din cauza reacţiei rotorului;

3) cădere de tensiune din cauza scăderii turaţiei.

Căderea de tensiune trebuie să fie doar atît de mare încît în timpul pornirii motorul să poată depăşi cuplul rezistent. Pentru buna funcţionare a unui agregat Diesel prima condiţie este constanţa tensiunii. De aceea într-un grup Diesel generator modern cei trei factori ai scăderii tensiunii trebuie luaţi în consideraţie prin echiparea specială a generatorului; căderea de tensiune la şoc de sarcină trebuie pe de o parte să fie mică, iar pe de alta să poată fi reglată rapid şi automat.

În acest scop se utilizează cel mai bine generatorul compundat autoregulator, a cărui excitaţie este împărţită într-o excitaţie principală sau de mers în gol şi în una adiţională construită sub forma unui convertizor cu cîmp învărtitor, care influenţează excitaţia principală în funcţie de sarcină şi de factorul de putere.

Întrucît excitaţia adiţională separată permite un efect reglabil, de exemplu sub sau supracompundare, se poate regla astfel şi scăderea turaţiei motorului Diesel; dacă apar scăderi de turaţie din cauza sarcinii, se va introduce supracompundarea. Supracompundarea se foloseşte la alte cazuri netratate în articol. Reglajul excitaţiei adiţionate prin reostatul de reglaj permite deci utilizarea generatorului compundat pentru toate felurile de sarcină.

Prin construcţia cu dispersie mult micşorată căderea de tensiune din cauza dispersiei poate fi micşorată mult şi în modul acesta pot fi trecute şocuri importante de sarcină. Acest tip de generator este utilizat cînd trebuie reglate căderi minime de tensiune, deci în cazurile cînd apare o suprasarcină scurtă produsă de pornirea motoarelor în scurtcircuit.

A.S.

621.3.017.17

Măsurarea încălzirii maşinilor electrice [După *Vessel, R.*; Electrotehnik Würzburg, 38 (1956) 25,p. 235—237].

Regulile pentru maşini electrice (REM) din VDE (VDE 0530/7.55) cuprind în capitolul IV. C. instrucţiuni pentru încercarea la încălzire a maşinilor electrice finite. Faţă de ediţiile anterioare s-a renunţat însă în această ultimă ediţie la prescrierea unui anumit procedeu pentru determinarea depăşirii finale de temperatură în timpul mersului de probă. Motivul acestei renunţări este că acest procedeu recomandat înainte avea anumite lipsuri. Autorul expune aceste lipsuri şi descrie apoi o metodă de calcul pentru determinarea directă a încălzirii. În încheiere se dă o nomogramă, care rezumă metoda. *A.S.*

Măsuri şi instrumente de măsuri electrice

CZ621.317.43

Măsurarea electrică a pierderilor tablelor de fier. [După *Poleck, H.*: Arch techn. Messen (1956) 241,p.33-36]

În tehnica curenţilor tari se caută obţinerea pentru exploatarea motoarelor şi transformatoarelor tensiunii sinusoidale. Se determină pierderea în fier (W/kg) în funcţie de inducţia maximă B_{max} la frecvenţa de exploatare ca o caracteristică a materialului. În acest scop este necesară o inducţie sinosoidală şi un circuit magnetic de probă (cadrul pătrat — Epstein) construit cu 10 kg din materialul cercetat.

Pentru a fi admisibile rezultatele măsurătorilor este necesară luarea în considerare a mai multor influenţe asupra pierderilor: magnetismul remanent, stabilirea tîrzie a magnetismului la table cu conţinut mic de siliciu, repartiţia neuniformă a permeabilităţii şi pierderilor asupra tablelor, influenţe mecanice şi de formă.

Tensiunea sinusoidală poate fi obţinută cu atît mai greu, cu cît este mai mică greutatea probei şi cu cît mai mare este inducţia. Se dă o demonstraţie în acest sens. Se arată metode pentru obţinerea tensiunii sinusoidale. În prima metodă tensiunea de alimentare este distorsionată artificial utilizîndu-se o serie de maşini generatoare de mai multe frecvenţe (fundamentală şi armonica), armonicele fiind reglabile ca mărime şi fază. În înfăşurarea pentru măsurarea inducţiei se obţine astfel o tensiune sinusoidală. Armonicele sînt apoi filtrate. Alte metode utilizează variaţia mărimilor electrice ale circuitelor.

Dacă nu se poate obţine tensiunea sinusoidală, pierderile pot fi determinate prin extrapolare sinusoidală, măsurînd puterea pierdută la diferite distorsionări ale inducţiei, dar cu aceeaşi inducţie maximă şi extrapolînd apoi.

Puterea pierdută P_{Fe} este proporţională cu aria $\Phi H \, dB$ a buclei de pierderi, cu volum de fier v_{Fe} şi cu frecvenţă de magnetizare f. La orice valoare măsurată a puterii se va indica cîmpul maxim H_{max}, sau mai obişnuit, inducţia maximă B_{max}. Mai trebuie determinată greutatea fierului G_{Fe}; P_{10} este pierderea la $B_{max} = 10\,000$ G. Pentru măsurarea puterii este necesară traducerea lui H şi D în mărimi electrice (tensiuni şi curenţi). Măsurarea poate fi făcută prin ridicarea curbei manual, punct cu punct, printr-un aparat înregistrator sau pe un oscilograf catodic. Se mai poate determina puterea pierdută cu un vectometru. Mai este posibilă măsurarea directă a puterii cu un wattmetru sau cu un generator Hall. Aparatul înregistrator dă o precizie de 1—3 %. Vectometrul cere pentru fiecare armonică cîte două măsurători, una a tensiunii şi alta a curentului notat; la 15 000 G dă o precizie de 1—2 %. Cea mai bună metodă este măsurarea directă a puterii medii lui dt.

Sînt citate probleme speciale ale măsurătorii, cauzate de variaţiile largi ale cantităţilor electrice sau ale dimensiunilor probelor. Se indică transformarea energiei magnetice în energie electrică.

Sînt descrise apoi metodele de măsură prin valori instantanee, menţionîndu-se o metodă directă, cu redresor mecanic care dă contacte scurte şi o metodă indirectă care utilizează un montaj semiundă, precum şi metoda pentru măsurarea directă a lăţimii buclei de histerezis. Pentru micşorarea erorilor este necesar un consum mic al aparatelor. Timpul scurt de închidere a contactelor este şi el o sursă de erori, deoarece vîrfurile de curent şi unghiurile ascuţit ale buclei de pierderi sînt înregistrate ca nişte curbe. De aceea aparatele moderne permit încercarea şi reglarea timpului de închidere a redresoarelor comandate.

În partea a treia a articolului se descrie utilizarea vectometrului pentru măsurarea puterii. Măsurarea este făcută printr-un produs de tensiune şi curent. Dacă sinusoida este distorsionată, se determină separat puterea fundamentalei şi puterea armonicelor.

În ultima parte a articolului este descrisă utilizarea sondei Hall pentru măsurători asupra probelor cu greutate mică.

A.S.

Măsuri electrice

CZ 621.317.7.082.11

Instrumente logometrice. [După *Moerder, C*: Archt. techn. Messen(1955) 237, p. 235—238; 238,p. 261—264; (1956) 244, p. 117—120]

Instrumentele logometrice arată raportul a două mărimi electrice cu condiţia ca variaţiile absolute ale acestora să nu varieze în limite prea largi. Mărimile măsurate pot fi de diferite naturi, însă este necesar ca ele să fie transformate în mărimi electrice Afară de instrumentele logometrice cu cadru mobil mai există instrumente logometrice cu magnet mobil, foarte robust. Pentru curent alternativ se utilizează logometre cu armătură mobilă şi cu armătură toroidală. Se mai utilizează logometre de inducţie (numai pentru curent alternativ) şi logometre electrostatice (universale). Se enumeră apoi utilizările posibile ale diferitelor tipuri de instrumente, în diferite combinaţii de traductori.

Orice instrument logometric are cel puţin două bobine mobile în cîmpul unui magnet. Tuturor logometrelor le este comună lipsa momentelor motoare şi a celor antagoniste; deci, cînd un instrument logometric nu mai este sub tensiune acul rămîne într-o poziţie oarecare.

După principiul de măsurare logometrele cu cadru mobil şi dinamometrice se împart în două grupe principale. Grupa I- *Logometre de punte*, care funcţionează în diagonala unei punţi şi care nu posedă cuplu mecanic antagonist. Este descris apoi principiul de funcţionare. Grupa II- *Instrumente diferenţiale cu bobine încrucişate*. Deviaţia depinde de raportul diferenţial al distribuţiei cîmpului în întrefier. Se descrie apoi funcţionarea.

Schemele cele mai utilizate sînt : schema în punte, schema diferenţială cu diferite variante, apoi schema cu trei conductoare pentru măsurători de temperatură, cu termometrul cu rezistenţă (traductor rezistiv), diferite scheme pentru măsurători rezistive. În al doilea articol se analizează asemenea scheme. Al treilea articol compară pe baza unor demonstraţii diferitele scheme şi arată dimensionarea elementelor unora din ele. *A.S.*

CZ 621.317.442

Aparatul Epstein. Măsurarea pierderilor de magnetizare ale tablelor de fier. [După *Ochsenfeld, R.* : Archt. techn Messen (1956) 240, 19—22].

Pierderile în fier sînt puterea wattată absorbită de o inductanţă cu miez de fier fără rezistenţă ohmică, la frecvenţa dată şi inducţie maximă la mers în gol. Se cere o variaţie sinusoidală a inducţiei şi o magnetizare uniformă. Numai în aceste condiţii se poate da o definiţie univocă a pierderilor de magnetizare. Pierderea wattată a unui kilogram de fier la $f = 50$ Hz şi o inducţie maximă de 10 000 G este notată cu P_{10}, adoptîndu-se notaţia corespunzătoare pentru alte inducţii.

Aparatul este format din 4 bobine de 42-43 cm lungime cu cîte două înfăşurări separate cu aceeaşi densitate de bobinare şi cu acelaşi număr de spire. De obicei, numărul de spire pe înfăşurare şi bobină este de 150. În aceste 4 bobine, aşezate în pătrat şi legate în serie, sînt introduse cele 4 pachete de tole de cîte 2 500 g, formate din fişii de tablă de 50 cm lungime şi 3 cm lăţime, izolate între ele aşa încît să formeze un circuit magnetic cît mai bine închis.

Sînt descrise precauţiile de luat la măsurat. Diagrama vectorială a aparatului Epstein este similară cu a unui transformator cu miez. Se deduce formula pierderilor.

Măsurile de precizie necesită cinci corecţii, şi anume : *a* — corecţia pentru scăpări în aer ; *b*—corecţia de pierderi din cauza reglării neprecise a inducţiei maxime ; *c* — corecţia de temperatură ; *d* — corecţia de formă a curbei ; *e* — corecţia din cauza magnetizării neuniforme. Precizia măsurării pierderilor, considerînd corecţiile *a* pînă la *d*, este de $\pm 1{,}5\%$ *A.S*

C.Z 621.317.75 :621.316.543

Dispozitiv de comutare pentru înregistrarea oscilogramelor. [După *J. Török* : Electrotechnika, 49 (1956) nr. 4, p. 100—105] .

Pentru studiul fenomenelor tranzitorii care apar la conectarea circuitelor de curent alternativ pe cale experimentală, se necesită un dispozitiv de anclanşare şi declanşare care să poată alege şi varia în cursul unei perioade faza tensiunii în momentul anclanşării. Un astfel de dispozitiv dezvoltat la catedra de maşini şi măsuri electrice constă din două unităţi : pupitrul de comandă şi întreruptorul dublu. În pupitrul de comandă are loc alegerea fazei iniţiale a tensiunii şi comanda anclanşării şi declanşării. Alegerea se face cu un motor sincron bipolar cu reluctanţă care învărteşte un cilindru izolant cu o pereche de lamele de alamă situate pe aceeaşi generatoare şi care scurtcircuitează o dată la o revoluţie două perechi de perii, ambele mobile pe axul motorului şi fixate de cîte un sector cu gradaţie care poate fi învîrtit cu 360°. Pentru alegerea momentului trecerii prin zero a tensiunii prima pereche de perii se leagă prin rezistenţe în serie la un voltmetru cu cadru mobil şuntat cu un condensator şi la variaţia poziţiei periilor se observă o variaţie sinusoidală a voltmetrului ; se alege poziţia cînd voltmetrul rămîne la zero. Cu a doua pereche de perii se alege avansul pentru comanda contactoarelor din care unul este închis şi urmează a declanşa (ruptor) după ce celălalt a anclanşat (contactor) închizînd circuitul. Contactorul anclanşator este de construcţie specială, spre a-i reduce la maxim timpul de anclanşare care trebuie să fie mai mic decît o jumătate de perioadă. El se anclanşează cu un resort puternic zăvorît în poziţia de repaus, are părţi mobile foarte uşoare şi contacte tip tulipă. Zăvorul este ridicat de cîte un electromagnet cu o constantă mică de timp, la comanda unei pentode făcînd parte dintr-un dispozitiv electronic, al cărui rol este să menţină,curentul în înfăşurarea electromagnetului, pînă cînd contactul a anclanşat. Dispozitivul mai conţine potenţiometre şi o dublă triodă, din care o parte conduce cînd cealaltă izolează. În repaus grila pentodei este negativată de tensiunea unui potenţiometru situat în circuitul anodic al triodei care în repaus conduce.

La apăsarea unui buton de comandă, această tensiune se scurtcircuitează prin perechea a două perii şi a doua triodă devine conductoare, prima blocîndu-se. În acelaşi timp se ridică negativarea grilei pentodei şi prin aceasta un curent de cîţiva mA trece prin înfăşurarea releului declanşator. Un contact auxiliar al contactorului scurtcircuitează înfăşurarea releului de anclanşare şi restabileşte situaţia de repaus după un timp mai mic de o jumătate de perioadă. Prin măriri constructive s-a reuşit să se reducă dispersiunea întîrzierii după primul contact la sub 0,5 %. Se dau oscilogramele unei tensiuni sinusoide care este anclanşată în diferite faze iniţiale. Contactele sînt trifazate. Al doilea, ruptorul, efectuează numai întreruperea circuitului. El este închis de un electromagnet comandat de un buton de pregătire a schemei şi deschis cu un alt buton. Lămpi de semnalizare arată poziţia contactoarelor. Deschiderea contactorului anclanşator se face cu ajutorul unui motor asincron, care armează resoartele. Ruptorul a rezultat din modificarea unui întreruptor automat de protecţie, contactorul este de construcţie cu totul specială. Tensiunea maximă a circuitului principal 500 V, curentul maxim 60 A, plaja de frecvenţe 40—60 Hz.

S-au prevăzut borne pentru racordarea unui osciloscop catodic şi pentru declanşarea automată a unui aparat de fotografiere a oscilogramelor.

Se dau două exemple pentru funcţionarea dispozitivului : un circuit *RL* a cărui comportare se calculează din ecuaţia diferenţială şi apoi se controlează experimental, arată o concordanţă foarte bună a influenţei momentului de anclanşare asupra componentei de curent continuu. În al doilea, un circuit *RLC* serie, se calculează şi apoi se înregistrează fenomenele tranzitorii la anclanşare pe o tensiune sinusoidală. Şi în acest caz concordanţa este foarte bună.

A.A.

CZ 621.317.275 :531.7.

Noi instrumente pentru reprezentarea mărimilor dirijate alternative. [După *Oesterkin, W.* şi *Steffen, A.* Arch. techn. Messen (1956) nr. 243, p. 81-84]

Reprezentarea vectorială a mărimilor dirijate alternative reprezintă un instrument comod pentru rezolvarea diferitelor probleme tehnice. Se descrie, ca o aplicaţie a măsurătorilor vectoriale, măsurarea electrică a oscilaţiilor de dezechilibru. Suprapunerea componentelor necesară pentru echilibrarea polară a dezechilibrului poate fi făcută grafic sau prin calcul. Sînt descrise două tipuri de instrumente care realizează această suprapunere, care deci se potrivesc foarte bine pentru măsurările directe ale unui vector.

Sînt deduse bazele teoretice, arătîndu-se că două sisteme electrodinamice pot da două deviaţii proporţionale cu componentele perpendiculare între ele ale unui vector.

Se descrie primul tip de instrument „Vector", deducîndu-se matematic proprietăţile sale. Se stabileşte că din motive constructive, axele echipajelor de măsură fiind paralele, reprezentarea vectorului în acest instrument este distorsionată.

Această distorsiune este evitată ordonînd perpendicular între ele axele echipajelor mobile şi prevăzîndu-le cu oglinzi. Se face deducerea proprietăţilor acestui al doilea instrument „Vector" cu spot luminos, descriindu-se şi aplicarea instrumentului la o maşină de echilibrat.

A.S.

CZ 621.317.782.121

Instrumente logometrice. [După *Moerder, C.* : Arch. techn. Messen (1956) 248, p. 213—216 ; 249 p. 233—234] .

Indicaţia este independentă de tensiunea de măsurat, respectiv, de valorile absolute ale mărimilor electrice de măsurat, dacă atît cuplul activ cît şi cuplul antagonist sînt proporţionale cu curenţii din bobine, deci dacă în cuplul antagonist nu există vreo componentă mecanică independentă

de curent. Practic un asemenea moment există totdeauna produs de arcuirea benzilor conductoare sau de erori de echilibrare. Se deduce valoarea acestui moment parazit în diferite cazuri.

Se face apoi dimensionarea în diferite ipoteze a schemelor logometrice cu trei conductoare, determinîndu-se lungimea maximă a conductelor prin luarea în considerație a influențelor temperaturii exterioare,

A.S.

CZ 621.317.715.5

Galvanometrul cu spot luminos ca element constructiv al aparatelor electrice de măsură. [După *Toeller, H.* și *Hufbauer, W.*: Arch. tehn. Messen; (1956), nr. 246, p. 157-160 și nr. 248, p. 205—208].

Mai de mult se folosea galvanometrul cu spot luminos în special în instrumentele de mare sensibilitate. În ultima vreme se folosește și la instrumentele de precizie de clasa 0,5 și 0,2. Indicatorul luminos stabilește cu ajutorul oglinzii echipajului mobil, o relație univocă între unghiul oglinzii și poziția imaginii pe scara aparatului. Sînt descrise mai multe sisteme optice. Pe baza sistemului cu condensor descris sînt date îndrumări de dimensionare și proiectare privind condensorul și sistemul de proiecție. Sînt apoi descrise sistemele aparatelor citirea unei singure variabile (5 variante) și citirea a două variabile (3 variante). În încheiere se indică utilizarea galvanometrului cu spot luminos la intrumentele de precizie. *A S*

CZ 621.317.733.983.7

Punți de deviație cu trei conductoare traductoare rezistive [După *Moerder C.*: Arch. techn. Messen (1956) nr. 247 p. 185—188].

Punțile cu trei conductoare se servesc în tehnica telemăsurilor și a telereglajului. Ele necesită o forță electromotoare constantă deoarece elementul variabil este deviația. Diferența față de puntea Wheatstone constă în faptul că rezistența variabilă este cu aparatul de măsură prin conducte exterioare, lungi, asupra cărora temperatura exterioară influențează prin variațiile ei. Sînt analizate diferite montaje, dîndu-se calculul pentru elementele punților și menționîndu-se unii parametri speciali.

A.S.

CZ 621.317.727

Divizorul de tensiune liniar. [După *Pulz R.*; Arch. techn. Messen; (1956 247, p.189—192]

Divizoarele de tensiune formate dintr-o rezistență ohmică cu priză cu variație continuă nu sînt liniare în sarcină. Tensiunea prinsă nu este proporțională cu raportul rezistențelor și nici cu unghiul de rotație descris de cursor. Tensiunea prinsă este, în general, mai mică decît ar corespunde raportului de divizare, ea prezintă deci o eroare în minus.

În practică este adesea necesar un divizor de tensiune la care această eroare în minus să rămînă pe întreg domeniul sub o anumită limită.

După definirea noțiunilor și notațiilor se calculează un divizor de tensiune aproape liniar și două cazuri de divizor exact liniar: cu caracteristică deformată a rezistenței și cu caracteristică dreaptă a rezistenței și rezistență adițională variabilă.

În încheiere se descrie realizarea practică a rezistențelor continuu variabile cu caracteristică deformată. Ele sînt construite ca rezistențe bobinate cu sîrmă pe preșpan, mică sau un izolant asemănător, care deci în raport cu lungimea și lățimea sa are o grosime mică.

A.S.

Materiale electrotehnice

CZ621.316.728:621.314.7

Reglarea puterii cu semiconductoare. [După *Chase, F. H.*: Electrical Engineering, 75(1956) nr. 9, p. 818—822].

Semiconductoarele sub formă de diode și transistori capătă o utilizare mereu mai largă în domeniul redresării, a amplificării electronice, în telecomunicații, în circuite de memorie. S-a acordat însă o mai mică atenție utilizării lor în scheme de reglaj al puterii. Pînă acum au fost utilizate în acest scop tuburile electronice, amplificatoarele magnetice și diodele cu gaz. Autorul indică metode pentru utilizarea semiconductoarelor în scheme de reglaj al tensiunii și al curenților. În circuitele de reglaj se întîlnesc două tipuri de elemente: elementul de comparație cu o tensiune constantă și un element avînd caracteristicile de controlat. În circuitele cu semiconductoare, diodele cu joncțiune joacă rolul elementului cu potențial de comparație, iar transistorii cu joncțiune sînt elementele controlabile. Se expun cîteva scheme pentru: regulator șunt și regulator serie pentru tensiune constantă, regulator de curent constant, controlul unui tiratron, controlul unui reactor saturabil.

I.C.

CZ 621.314.63

Utilizări industriale ale redresoarelor cu germaniu. [După *Crenshaw R. M.*: Electrical Engineering, 75 (1956) nr. 8, p. 719—721].

Necesitățile industriale de curent continuu cresc neîncetat atît în electrometalurgie și electrochimie, cît și în comenzile operațiilor de automatizare. Redresoarele cu germaniu, fără să înlăture celelalte redresoare, își găsesc un larg domeniu de utilizare în industrie. Prima instalație industrială a fost realizată în 1954, pentru recuperarea electrolitică a cositorului, cu caracteristicile 100 V, 800 A, avînd un randament de 91,5 %. Este remarcabil gabaritul redus al instalației. În prezent se execută un grup redresor pentru 65 V, 90 000 A, cu un randament de 95 %. În condiții de răcire favorabile un element redresor de germaniu suportă densități de curent de mii de ori superioare celor admise de redresoarele cuproxid sau fier-seleniu. Se poate admite, practic, o tensiune inversă de 75 V. Raportul între rezistența directă și rezistența inversă este de ordinul 400 000, depășind celelalte tipuri de celule redresoare. Randamentul unei celule este de 98 %. Nu s-au putut remarca pînă în prezent fenomene de îmbătrînire. Primele instalații au fost răcite prin ventilație forțată. Recent s-a trecut la răcirea prin lichid izolant, răcit la rîndul său cu apă. Realizîndu-se celule perfect etanșe s-a putut trece la răcirea directă cu apă. Se impune o atentă îngrijire a protecției împotriva defectelor. Reglajul tensiunii se poate realiza prin transformator cu prize multiple, regulator de inducție sau reactanțe saturabile.

I.C.

CZ 621.318.132:621. 314.222.8+224.8

Aliaje magnetice noi ca material pentru transformatoare de măsură. [După *Nölke, O. E.*: Arch. techn. Messen (1957) 250, p. 259-262]

Materialul miezurilor transformatoarelor de curent și de tensiune trebuie să îndeplinească următoarele condiții: permeabilitate mare (pentru fluxul magnetic alternativ); pierderi prin curenți turbionari și prin histerezis reduse; în domeniul de funcționare al transformatoarelor: variație cît mai mică a permeabilității în funcție de inducție; pentru transformatoare de curent pentru protecție și pentru transformatoare de tensiune: inducție de saturație cît mai ridicată; pentru transformatoare de curent pentru măsură: trecere brusă de la permeabilitatea maximă la saturație.

Stadiul actual al metalurgiei îndeplinește parțial aceste condiții.

Miezurile sînt formate din tole subțiri suprapuse izolate între ele prin straturi de oxid pentru micșorarea prevederilor prin curenți turbionari. Izolarea prin lac dă însă o și mai mare rezistență împotriva coroziunii. Pentru o mai bună presare a tolelor sînt prevăzute cu găuri, care însă dăunează bunei repartiții a fluxului magnetic. Miezurile stanțate permit o mai bună utilizare a tablelor de fier.

Miezurile înfășurate din bandă metalică au forma unei spirale aritmetice. După înfășurare ele vor fi supuse unui tratament termic, pentru accentuarea proprietăților magnetice. Sînt foarte sensibile la eforturi mecanice. La utilizarea miezurilor înfășurate este importantă asigurarea fixității reciproce a părților miezului în stare montată.

Ca material se utilizează tablă ferosilicioasă. Siliciul micșorează conductibilitatea electrică și astfel pierderile prin curenți turbionari, fără a influența însă asupra proprietăților magnetice. Tabla ferosilicioasă are o structură cristalină favorabilă magnetismului; această structură este însă deteriorată de prelucrările mecanice.

Alte rezultate bune sînt date de aliajele fero-nichel, care sînt însă cel mai adesea produse în vid. Pentru că nichelul este scump, prețul aliajelor poate fi de 50 de ori cel al tablei silicioase, iar permeabilitatea crește în același raport. Proprietățile magnetice diferă mult de la un lot de fabricație la altul. Sînt folosiți la transformatoarele de precizie. Sînt bune și miezuri mixte cu tole sau benzi din cele două categorii de materiale puse alternativ.

Unele din performanţe au fost determinate cu materiale produse în laborator, dar reproducerea industrială nu a reuşit. *A.S.*

CZ 621.316.86 :621.315.592

Rezistenţe dependente de temperatură. [După *Kanter, H.* : Arch. techn. Messen. (1956) 251, p. 285-288]

Aceste rezistenţe se numesc termoconductoare. Se mai numesc thermistor (thermally sensitive resistor = rezistenţă sensibilă la temperatură). Sînt arătate unele denumiri comerciale.

Se expune un rezumat al teoriei semiconductoarelor. Se utilizează termistori cu rutil, de culoare neagră. Altele sînt de culoare albă şi au o tehnologie similară cu a produselor ceramice. Contactele sînt sau cu capace de metal, sau cu reofori lipiţi.

Rezistenţa R scade cînd temperatura absolută T creşte, după legea :

$$R = a \cdot e^{\frac{b}{T}}$$

în care a depinde de forma exterioară şi de material, iar b nu mai de material. a este de natura unei rezistenţe, b nu este totdeauna constant cînd creşte temperatura. Pentru $R = f(T)$ nu este indiferent dacă încălzirea rezistenţei este produsă de curentul ce o străbate sau de temperatura înconjurătoare. Nu există o formulă care să dea o relaţie între b şi rezistenţa specifică ρ. Sînt date îndrumări pentru utilizare şi diferite caracteristici. Acestea diferă după viteza de evacuare a căldurii. Viteza de încălzire variază după tensiunea sau curentul aplicat. Sînt indicate metode pentru măsurarea caracteristicilor termice, precum şi stabilităţi şi toleranţe.

Sînt apoi trecute în revistă forme constructive : tipuri miniatură, tipuri miniatură cu spirală de încălzire, tipuri baston, tipuri plate şi discuri, dîndu-se anumite date pentru fiecare tip.

Utilizările sînt felurite, deoarece se poate exploata una din următoarele însuşiri : a — influenţarea de către temperatura înconjurătoare ; b — ridicarea temperaturii proprii din cauza puterii disipate ; c — inerţia ; d — coeficientul negativ de temperatură.

Pentru fiecare din cele 4 însuşiri sînt descrise aplicaţii.

În articolul lui P. Walter sînt descrişi termistori formaţi din rezistenţe cu strat depus : a — strat de carbon, b — strat de metal, c — strat de oxid de staniu şi de antimoniu. Tipul c poate avea coeficientul de variaţie a rezistenţei cu temperatura negativ sau pozitiv. Încălzirea rezistenţelor depinde de mai mulţi factori. Rezistenţele cu strat de oxid cu coeficient negativ de variaţie a rezistenţei cu temperatura sînt uzilizate la compensarea coeficienţilor pozitivi de temperatură, de exemplu a bobinelor de cuplu în instrumentele de măsură. *A.S.*

CZ 621.318.2

Magneţii permanenţi de fabricaţie curentă, în special cei pentru instrumente de măsură. [După *Fahlenbrach, H.* : Arch. techn. Messen (1956) 249, p. 237-240 ; 250, p. 263 —266]

O dată cu mai buna cunoaştere a fenomenului magnetizării s-a progresat în fabricaţia magneţilor permanenţi. Ca bază s-a luat existenţa unor magneţi elementari între care există domeniile de trecere, unde sensul magnetismului se schimbă continuu de la un domeniu la celălalt. În cercetările asupra materialelor magneţilor trebuie avut în vedere trei lucruri ; 1) o divizare atît de fină a materialului încît magnetizarea să se producă prin rotaţii ale direcţiei de magnetizare în domeniile elementare ; 2) este necerară existenţa unor mari energii de anizotropie care pot fi obţinute prin alegerea unor sisteme cristaline necubice (anizotropie cristalină). Energii mari de anizotropie mai pot fi obţinute prin forma granulelor celor mai fine cu factori de demagnetizare foarte diferiţi (anizotropie de formă) .

După compoziţie chimică şi după structura interioară, magneţii utilizaţi se împart în 5 grupe : 1) magneţi de oţel ; 2) magneţi alni şi alnico ; 3) magneţi cu oxizi ; 4) aliaje pentru magneţi permanenţi fier-cobalt-vanadiu şi 5) alte materiale pentru magneţi permanenţi.

În Grupa 1 intră toate felurile de magneţi cunoscute de mult, oţeluri cu carbon, crom, molibden, wolfram şi cobalt. Caracteristica tuturor acestor aliaje este conţinutul lor de carbon şi, deci, duritatea martensitică, care condiţionează proprietăţile pentru magneţi permanenţi. În ultima vreme au mai pierdut din importanţă din două motive şi anume : a) calităţile magnetice comparativ reduse şi b) modificările de structură inevitabile chiar în urma îmbătrînirii artificiale.

Grupa 2. Azi sînt cele mai importante pentru instrumentele electrice de măsură. În noile tipuri trebuie ca pe curba de demagnetizare punctul lui de lucru să fie acolo unde produsul B. H este maxim. Materialele care respectă această lege sînt însă uşor demagnetizabile, de aceea se adoptă materiale cu forţe coercitive mari. Sînt descrise procedee tehnologice pentru obţinerea direcţiilor magnetice preferenţiale. Aceşti magneţi sînt fabricaţi prin : a) turnare, b) sinterizare, c) presare cu un liant sintetic. Se utilizează foarte mult în instrumentele magnetoelectrice, în special cei sinterizaţi. Sînt descrise tipuri şi prelucrări.

Grupa 3. Au proprietăţi similare cu alnico, dar garantează o stabilitate mult mai mare faţă de influenţa cîmpurilor magnetice exterioare. Întrucît însă proprietăţile variază mult cu temperatura, nu s-au putut introduce larg în fabricaţia instrumentelor magnetoelectrice.

Grupa 4. Se întrebuinţează pentru magneţi sub 3 g. Pot fi prelucraţi uşor cu şi fără şpan, dar numai înainte de călire.

Grupa 5. Cuprinde diferite compoziţii chimice şi utilizări, de la amestecurile de oxizi pentru bande de magnetofon pînă la compuşii cu platină. Din cauza compoziţiilor felurite variază mult utilizările şi proprietăţile de prelucrare. *A.S.*

CZ 621.316.26 :621.315.53

Aluminiul în construcţia staţiilor. [După *Meinhard, H.* : Elektrotechnik Wurzburg ; 38 (1956) nr. 11/12, p. 106-107].

Aluminiul poate înlocui uşor cuprul în construcţia staţiilor electrice. Sînt indicate comparativ caracteristicile celor două materiale. La construcţia staţiilor, în special pentru intensităţi mari, pot fi realizate economii importante folosind bare de aluminiu în locul celor de cupru. În cazul unui scurtcircuit distrugerea este localizată, deoarece produsele arderii aluminiului nu sînt conductoare. Îmbinările Cu-Al cer măsuri speciale de protecţie, iar pentru asigurarea unui bun contact se utilizează plăci de presiune speciale. Stratul superficial de oxid de aluminiu oferă o protecţie satisfăcătoare. În întreprinderile chimice sînt necesare măsuri speciale.

Îmbinările prin sudare între bare de aluminiu sînt aproape 100 % conductoare. La sisteme de bare conductoare la anumite distanţe vor fi intercalate benzi din acelaşi material ca piese de dilatare.

Avantajele oferite de aluminiu cu proprietăţile sale mecanice fizice, chimice şi electrice pot fi bine valorificate numai dacă aceste proprietăţi sînt bine cunoscute şi corect utilizate de proiectantul instalaţiei. *A.S*

Tracţiune electrică

CZ 621.332.314

Linia aeriană pentru troleibuse din profil rotund sau profil lat. [După *Wittgenstein, M.* : Elektrische Bahnen, 27 (1956) nr. 2, p. 43—44].

Profilul lat pentru linia de cale de troleibuse (fig. 2) a fost construit cu scopul de a se obţine o suprafaţă de contact

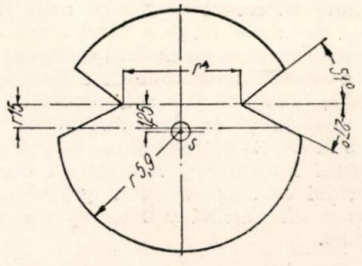


Fig. 1. Linie de troleibus cu profil rotund.

mai mare între troleu şi linie. În schimb, linia din profil rotund (fig. 1) are avantaje constructive atît în ce priveşte

clemele de suspendare, cît şi în ce priveşte montajul. Linia din profil lat este dificilă la montaj, deoarece trebuie perfect îndreptată şi evitate răsucirea lui, ceea ce poate surveni şi

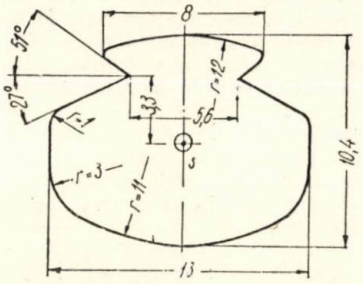


Fig. 2. Linie de troleibus cu profil lat.

în timpul exploatării mai ales în curbe. Din aceste motive nu se recomandă folosirea liniei din profil lat.

O.S.

CZ 621.331 :625.1(43)

Tracţiunea electrică la căile ferate ale R.F.G. în anul 1955. [După *Klusche, W.* : Elektrische Bahnen, 27 (1956) nr. 1, p. 1—6].

La sfîrşitul anului 1955, lungimea liniilor electrificate ale căilor ferate germane din R.F.G. a atins cifra de 2 070 km. Cea mai mare parte (1 949 km) este exploatată cu sistemul monofazat de frecvenţă 162/3 Hz cu tensiunea de 15 kV. Numai o scurtă porţiune de 55,6 km este exploatată în sistemul monofazat 50 Hz, 20 kV, iar restul în curent continuu.

În prezent sînt în curs lucrări de electrificare pe o lungime de cale de 802 km, care este programată să se termine în 1957, iar pe o lungime de cale de 456,8 km se prevede să se execute lucrări de electrificare în anii următori. Alimentarea cu energie electrică pentru noile linii electrificate se asigură prin montarea unui număr de 7 noi grupuri generatoare în putere totală de 168 MW în centrale şi staţii de convertizoare existente. La data de 1 ianuarie 1956 erau comandate un număr de 250 locomotive noi, care trebuie livrate pînă în anul 1958. Locomotivele comandate sînt de tipul Bo′ Bo′ şi Co′ Co′ de puteri orare între 2 100 şi 4 380 kW pentru viteze maxime între 90 şi 150 kmh. În anul 1955 s-au pus în exploatare mai multe trenuri automotor compuse din trei părţi şi sînt în curs comenzi pentru alte automotoare. Ca o noutate amintim punerea în exploatare a automotoarelor electrice cu acumulatoare, care au avantaje atît în condiţiile tehnice de exploatare cît şi în ce priveşte costul tracţiunii. *O.S.*

Aparate electrice

CZ 621.316.5.064.45

Încercarea unui întreruptor cu gaz comprimat într-o reţea de 230 kV. [După *Richardson, P. E.* şi *Arem, F.* : Electrical Engineering, 75 (1956) nr. 8, p. 712—717]

Sînt expuse încercările efectuate asupra unui întreruptor cu gaz comprimat, tripolar, 1 200 A, 230 kV. Întreruptorul este montat pe izolatoare verticale şi comandat manual printr-un volant. Fiecare element al întreruptorului este compus dintr-un tub de porţelan montat între suporţii cuţitului. Acest tub conţine o tubulatură convergentă-divergentă şi este legat la un rezervor de gaz, dispus sub întreruptor. Acest tub trimite un curent de gaz de mare viteză în arc. Curentul de gaz este declanşat de o valvă acţionată de mecanismul de manevră înaintea deschiderii electrozilor de gardă. Întreruptorul a rupt în bune condiţii o linie de 230 kV de 135 km lungime, funcţionînd în gol, curentul de mers în gol corespunzînd unui grup de transformatoare totalizînd o putere de 112,5 MVA. Se prezintă şi se discută oscilogramele ridicate în cursul încercărilor. Acestea au urmărit : întreruperea curentului de magnetizare a grupului de transformatoare, ruperea sub sarcină şi întreruperea curentului de încărcare al liniei. *I.C.*

CZ 621.313(213)

Execuţia tropicală a maşinilor şi instalaţiilor electrice. [După *E. Harasimowicz* : Przeglad Elektrotechniczny, 32 (1956) 4, p. 163—170].

Deşi producţia energiei electrice în ţările tropicale reprezintă numai 2 % din totalul producţiei mondiale, totuşi populaţia acestor ţări se ridică la 40 % din populaţia globului, iar planurile de electrificare a acestor ţări prevăd dezvoltări mari în anii ce urmează. Astfel, se creează posibilităţi mari de debuşeu pentru ţările exportatoare de maşini şi aparate electrice. Produse electrotehnice exportate în aceste ţări trebuie să corespundă condiţiilor grele de funcţionare a acestora în diferitele feluri de climă : umedă şi caldă, cu diferite ciuperci, bacterii şi termite, de savană şi stepă, de pustiu, precum şi caldă-uscată. Factorii tropicali (temperatura, umiditatea, insolaţia şi cei biologici) impun condiţii cu totul speciale de construcţie a maşinilor şi aparatelor electrice, care constă, în primul rînd, în aplicarea izolaţiilor speciale şi a mijloacelor anticorosive. *K.W.*

CZ 621.318.5

Relee de telecomunicaţii utilizate în scheme de curenţi tari. [După *Jahn, S* : Elektrotechnik Wurzburg; 38 (1956) nr. 11/12, p. 102—105].

Multă vreme releele nu au fost folosite în tehnica curenţilor tari, rezolvîndu-se problemele ivite pe cale mecanică. Pe lîngă releele din telecomunicaţii au fost construite relee speciale pentru curenţi tari. Articolul face o clasificare a releelor utilizate în prezent, oprindu-se mai ales la cele care permit telecomanda receptoarelor industriale pe conducte de semnalizare. Se insistă în mod special asupra utilizării releelor de impuls, întrucît cu ajutorul lor este posibilă şi în instalaţii mari de comandă şi control construirea unor scheme electrice vizibile fără o cheltuială prea mare. La sfîrşit se face o trecere în revistă a procedeelor şi aparatajului de încercare a releelor. *A S*

Acţionări electrice

CZ 621.97-83:621.34.001.24

Calculul acţionării presei prin metoda grafică. [După *A. Glowacki* : Przeglad Elektrotechniczny, 32 (1956) nr. 4, p. 172—176].

O serie de maşini-unelte produc şocuri periodice de sarcină ale motorului de acţionare. Acestea sînt prese, foarfeci, laminoare reversibile. Cuplul de rotire cerut de aceste maşini este relativ mare, însă de scurtă durată. O bună parte a schimbărilor bruşte de energie cerută este livrată de volanul, cu care sînt prevăzute, aceste maşini. Metoda grafică prezentată în această lucrare este simplă şi clară. Rezultatul final al calculului se obţine prin determinarea curbei de viteze şi a curbei cuplului de acţionare în funcţie de timp, elementele cele mai importante care caracterizează acţionarea maşinii. Deşi în cazurile simple metoda analitică de calcul ne dă mai rapid rezultatul căutat, totuşi metoda grafică expusă aici dă rezultate mai precise. Avantajele deosebite ale metodei grafice apar, în special, la cazurile mai complicate, adică atunci cînd caracteristica cuplul motorului este reprezentată printr-o linie curbă, iar cuplul activ are o valoare variabilă. *K.W.*

Linii electrice

CZ 621.315.171.056.1

Determinarea nomografică a tensiunilor în conductoare şi a săgeţilor lor la deschideri orizontale, în timpul funcţionării normale şi după ruperea conductorului. [După *Szczepanski Z.* : Przeglad Electrotechniczny, 32 (1956) nr. 2, p. 87—88].

Calculul tensiunilor mecanice în conductoarele liniilor electrice aeriene de curenţi tari, precum şi a săgeţilor acestor conductoare este în general anevoios, deoarece necesită rezolvarea unor ecuaţii de gradul al 3-lea. De aceea se preferă folosirea tabelelor de calcul pentru tensiunile şi săgeţile conductoarelor din linii obişnuite. Se ivesc însă o serie de cazuri, care nu sînt prevăzute în structura cifrelor din aceste tabele. Ca exemplu se menţionează determinarea tensiunilor şi săgeţilor într-o anumită deschidere pentru cazul ruperii unuia sau a mai multor conductoare în deschiderea vecină. În aceste cazuri se poate aplica, cu succes, metoda de calcul simplificată, elaborată de catedra de electroenergetică de pe lîngă Politehnica din Lodz. Metoda este simplă, dă rezultate cu precizie mulţumitoare şi se bazează pe alcătuirea unor nomograme pentru soluţionarea ecuaţiilor de stare a conductoarelor liniei. *K.W.*

CZ 621.315.62/66:628.5

Izolaţiile electrice în localităţile cu impurificare mărită a atmosferei şi influenţa ei asupra construcţiei stîlpilor la linii electroenergetice aeriene. [După *DemelW.* : Przeglad Elektrotechniczny, 32 (1956) nr. 2, p. 50—54].

Calitatea izolatoarelor pentru linii electroenergetice aeriene satisface toate condiţiile create de influenţe atmosferice (îngheţ, vînt, ploaie, variaţii de temperatură, descărcări electrice etc.). Se constată însă că la liniile ce trec prin regiuni puternic industrializate, impurităţile emanate de unele întreprinderi chimice, metalurgice, fabrici de ciment, mine etc.) reduc gradul de siguranţă al izolaţiei atît prin reducerea tensiunii de conturnare datorită depunerilor pe suprafeţele izolatoarelor, cît şi prin reducerea tensiunii de străpungere, din cauza atacării de agenţi corosivi a glazurii de pe izolatoare. Ca măsuri de prevenire se enumeră: schimbarea construcţiei geometrice a izolatoarelor, curăţirea mecanică a izolatorilor (la unele metode şi la linii sub tensiune), aplicarea glazurilor semiconductoare, care favorizează repartiţia cîmpului electric aplicarea lanţurilor de izolatoare duble, oblice şi modificarea corespunzătoare a stîlpilor. *K. W.*

Iluminat

CZ 624.055:628.971.7

Iluminarea şantierelor. [După *Felhovski W.* : Przeglad Elektrotechniczny; 32 (1956) nr. 5, p. 196—206].

Executarea fără întrerupere a lucrului pe şantiere de construcţii, adică în 3 schimburi consecutive, cere aplicarea unor măsuri speciale de amenajare a şantierelor, printre care se socoteşte şi iluminatul raţional atît al locurilor de muncă cît şi a terenului şantierului, în general. Aceste reguli adeseori nu sînt respectate de conducerile şantierelor dîndu-se ori un iluminat excesiv ori insuficient. În primul caz se produc orbiri şi cheltuieli inutile, iar în al doilea — vizibilitatea redusă a obiectelor. În ambele cazuri se pot produce accidente grave. În scopul iluminării bune a şantierelor se cere proiectarea raţională a instalaţiilor de iluminat, folosirea materialelor corespunzătoare (în special a corpurilor de iluminat adecvate şi exploatarea şi întreţinerea reglementară a acestor instalaţii). Diferitele locuri sau feluri de iluminat cer măsuri tehnice deosebite (iluminatul drumurilor, terenurilor de depozitare, iluminatul de pază etc.). Se publică o serie de indici pentru proiectarea instalaţiilor. *K. W.*

Descărcări în gaze

CZ 621.3.014.31 :621.316.37.027.7

Deplasarea arcului de scurtcircuit în instalaţii de înaltă tensiune. [După *Hochrainer, A* : Electrotchn. Z.—A; 77 (1956) nr. 10, p. 302—308].

Este important de determinat, la un arc de scurtcircuit de o lungime mai mare, dacă predomină forţa electrodinamică sau acţiunea termică; este cunoscut că de cele mai multe ori arcul produs de scurtcircuit, se deplasează rapid, de-a lungul conductoarelor. În cazul barelor dispuse orizontal, deplasarea arcului se face sub acţiunea forţelor electrodinamice în sensul curgerii energiei electrice. Aceste raporturi se pot modifica cînd barele sînt dispuse vertical sau oblic şi cînd sensul de curgere al energiei este de sus în jos. În acest caz nu se poate predetermina dacă acţiunea termică nu predomină faţă de aceea electrodinamică.

Autorul stabileşte relaţiile matematice pentru solicitările electrodinamice şi termice şi expune valorile respective pentru un arc produs între două conductoare cu raza de 1 cm dispuse la 1 m unul faţă de celălalt. Se arată diverse dispoziţii ale conductoarelor care au servit în experimentări şi între altele, montarea conductoarelor în „carusel" în care conductoarele formează cercuri de diametre egale în planuri verticale paralele. În continuare, se arată condiţiile în care s-au făcut încercări cu arcuri de lungimi mai mari şi se expune într-o tabelă rezultatul acestor încercări în care se arată sensul de deplasare al arcului pentru un anumit loc de producere a arcului, curent, tensiune şi durată. Articolul cuprinde numeroase fotografii reprezentînd încercările expuse în tabelă. *M P*

CZ 621.327.3/7

Durata tuburilor cu descărcări în gaze. [După *Schnitzer, A.*] Elektrotechnik Wurzburg; 38 (1956) nr. 13, p. 115—118. :

Cei care întrebuinţează tuburi cu descărcări în gaze vor să cunoască durata de folosire a acestor tuburi. Fabricanţii nu publică totdeauna aceste date. De aceea articolul, după ce limitează domeniul de aplicare prin enumerarea tipurilor de tuburi cărora se aplică, analizează următoarele procese care duc la uzarea tuburilor: 1) pulverizarea catodei într-o descărcare; 2) comportarea unei catode incandescente cînd apare un curent ionic; 3) rigidizarea gazului; 4) modificări lente ale caracteristicilor tuburilor în timpul exploatării. Sînt indicate date pentru diferite tuburi şi sînt indicate metode pentru aproximarea duratei de funcţionare. *A S*

CRONICĂ

Al 7-lea Congres al Asociaţiei de Electrotehnică, Weimar 3—7 iunie 1957

CZ 621.3:061.3(430)

Între 3 şi 7 iunie 1957, va avea loc la Weimar, al 7-lea Congres al Asociaţiei de Electrotehnică (Fachverbandes Elektrotechnik) a Camerei Tehnice (Kamer der Technik) din R.D.G., cu participare internaţională.

Congresul va înfăţişa la această sesiune care este a 7-a de la înfiinţarea Asociaţiei (fostă V.D.E.)—într-un număr de 100 referate de specialitate, grupate pe cele două ramuri ale electrotehnicii: tehnica curenţilor tari şi tehnica curenţilor slabi, progresul ştiinţific şi tehnic atins în domeniul electrotehnicii, în ultimii ani în R.D.G. şi în celelalte ţări.

Astfel se vor prezenta sesiunii, de către cei mai buni specialişti, referate din următoarele domenii:

I. *Tehnica curenţilor tari* :
1) Producerea şi distribuţia energiei
2) Maşinii electrice, transformatoare, redresoare
3) Acţionări electrice
4) Cabluri şi linii — reţele
5) Automatică şi telemecanică
6) Electrocăldură
7) Electroeroziunea şi prelucrarea materialelor.

II. *Tehnica curenţilor slabi* :
1) Televiziune şi oscilografie
2) Inalta frecvenţă
3) Tehnica tuburilor electronice
4) Piese detaşate
5) Tehnica comunicaţiilor cu fir
6) Teoria informaţiei.

Din partea ţării noastre a fost invitat în mod oficial la Congres, în calitate de referent, tov. Prof. Matei Marinescu, membru corespondent al Academiei R.P.R., care va prezenta un referat de sinteză a lucrărilor sale asupra maşinilor electrice parametrice şi pe care ne propunem a-l publica într-un număr viitor al revistei noastre.

M.M.

Academicianul Corneliu Mikloşi a împlinit 70 de ani

La 5 martie 1957 Academicianul Prof. Dr. Ing. Corneliu Mikloşi a împlinit vîrsta de 70 de ani.

Inginer, îndrumător şi cercetător, conducător de întreprinderi şi laboratoare, profesor şi consilier de o nemitoare

Acad. Corneliu Mikloşi

multilateralitate, înclinat totdeauna spre realizări tehnice în serviciul maselor largi ale populaţiei, dotat cu un spirit de observaţie neobişnuit, academicianul Mikloşi se distinge printr-o rară modestie, prin fire blîndă, prin ataşamentul său faţă de cei mulţi care pe ogoare şi în ateliere muncesc cu abnegaţie.

Născut în comuna Covăsiuţ de pe podgoria Aradului, din familie de preoţi şi dascăli, şi-a făcut studiile medii la Arad, iar cele superioare la Politehnica din Karlsruhe unde a fost elevul celebrului prof. Arnold, unul din promotorii electrotehnicii. În 1909 şi-a luat diploma de inginer mecanic la Universitatea Tehnică din Budapesta, unde a fost promovat Doctor-Inginer în anul 1912. După o primă etapă în învăţămîntul superior ca asistent, apoi adjunct pe lîngă catedra de tehnologie mecanică s-a angajat în diferite întreprinderi industriale, continuînd activitatea ştiinţifică cu titlul onorific pînă la promovarea sa ca docent în 1918. În anul următor a revenit în ţară şi s-a angajat la întreprinderile de transport în comun şi la uzina electrică a oraşului Timişoara, unde a lucrat timp de 34 ani. În 1947 şi-a reluat activitatea ca profesor la Institutul Politehnic din Timişoara. Pentru vasta sa activitate tehnică şi ştiinţifică a fost ales în anul 1955 membru titular al Academiei R. P. R. De atunci conduce cercul de cercetări tehnice al Academiei R. P. R. la Timişoara. A fost decorat pentru meritele sale cu ordinul muncii cl. III şi cl. I.

Activitatea tehnico-ştiinţifică se extinde în domenii foarte variate. Nu vom aminti aici decît unele realizări în domeniul electrotehnicii şi electroenergeticii.

Academicianul Mikloşi a inventat o maşină de sudură electrică pentru sudarea cap la cap a şinelor de tramvai şi cale ferată pe loc. Reţeaua de tramvaie a oraşului Timişoara este în prezent complet sudată, iar exploatarea a dat bune rezultate. A creat la Timişoara un centru de sudură autogenă şi electrică care cu timpul a devenit cel mai important din ţara noastră. A construit vagoane de tramvai moderne, uşoare. A contribuit la echiparea şi modernizarea uzinei electrice din Timişoara.

Academia R. P. R. a ţinut să sărbătorească pe tov. Academician Mikloşi într-un cadru festiv cu ocazia acestei aniversări.

Noi, electrotehnicienii îi urăm, alături de toţi ceilalţi, viaţă lungă şi activitate rodnică în slujba poporului şi patriei noastre.

A.

Conferinţa asupra problemelor automatizărilor industriale în R.P.R.

Comisia de Automatizare de pe lîngă Prezidiul Academiei R.P.R. organizează anul acesta a II-a conferinţă naţională asupra problemelor automatizărilor industriale, cu un program care este expus la finele acestei note. Tema acestei conferinţe este astăzi de mare actualitate în întreaga lume şi a făcut, în special în cursul anului 1956, obiectul a nenumărate conferinţe cu caracter naţional sau internaţional.

Dezvoltarea automatizărilor industriale, problemă de care — în faza actuală a tehnicii — este strîns legată mărirea productivităţii muncii, presupune îndeplinirea a numeroase condiţii tehnice şi economice. Este necesară o cunoaştere aprofundată a bazelor teoretice şi a metodelor de calcul pentru acest domeniu.

Prin tematica stabilită, consfătuirea îşi propune să informeze asupra realizărilor din ţară şi din străinătate în domeniul automatizărilor şi controlului industrial, prezentarea problemelor ştiinţifice din acest domeniu, aspectele tehnice şi economice precum şi propuneri pentru dezvoltarea automatizărilor în diferite ramuri industriale din ţară.

Conferinţa se va desfăşura în trei secţii cu organizarea de mai jos şi va avea loc între 5—8 iunie 1957.

Preşedinte : Acad. prof. *I. S. Gheorghiu ;*
Vicepreşedinte : Acad. prof. *Gr. Moisil ;*
Secretariat : Ing. *I. Papadache* şi ing. *M. Steru.*

Secţia I : **Bazele teoretice ale automatizării**

Colectiv de îndrumare : Prof. dr. ing. *A. Avramescu,* membru corespondent al Academiei R.P.R., prof. *Chr. Vazaca,* conf. ing. *D. Damsker* şi conf. ing. *C. Peneşcu.*

— Teoria reglării automate
— Teoria informaţiei
— Cibernetica tehnică
— Teoria schemelor cu releu şi contacte.

Secţia II : **Probleme generale în legătură cu automatizarea, măsurarea şi controlul proceselor de producţie**

Colectiv de îndrumare : Prof. dr. ing. *M. Marinescu,* membru corespondent al Academiei R.P.R., prof. *R. Constantinescu,* ing. *I. Papadache* şi conf. ing. *R. Stere.*

— Terminologie şi definiţii
— Măsurări pentru procese tehnologice comune la mai multe industrii (temperatură, presiuni, debite, *p*H etc.)
— Telecomanda şi telemăsurarea în controlul şi automatizarea proceselor industriale
— Elementele destinate automatizărilor şi controlului industrial

— Tehnica nouă în construcţia maşinilor automatizate
— Cadrele pentru executarea şi întreţinerea instalaţiilor automate şi de control industrial
— Intrebuinţarea izotopilor radioactivi în controlul proceselor industriale
— Aplicaţiile maşinilor de calculat în automatizări
— Electronica în automatizarea şi controlul proceselor industriale
— Reglarea şi comanda electronică şi magnetică în domeniul acţionărilor electrice.

Secţia III : **Automatizare, măsurare şi control tehnologic în diferitele industrii**

Colectiv de îndrumare : Prof. dr. ing. *R. Răduleţ*, membru corespondent al Academiei R.P.R., conf. ing. *C. Apetrei*, conf. ing. *S. Călin*, conf. ing. *S. Schächter*, ing. *M. Steru*.

— Metalurgie şi siderurgie
— Extracţie minieră
— Extracţie petroliferă
— Transportul la mare distanţă al gazelor şi petrolului
— Prelucrarea petrolului
— Industria chimică
— Industria uşoară
— Industria alimentară
— Telecomunicaţii
— Transportul feroviar
— Industria materialelor de construcţii
— Industria lemnului şi hîrtiei
— Sistemele energetice care cuprind : a) centrale hidroelectrice ; b) centrale termoelectrice şi c) reţele de transport şi distribuţie.

I.P.

Cursurile de ştiinţă şi tehnică organizate de către Casa Oamenilor de Ştiinţă de pe lîngă Academia R.P.R.

Ca şi în anii precedenţi Casa Oamenilor de Ştiinţă prin direcţia Cursurilor de ştiinţă şi tehnică organizează o serie de cursuri cu caracter tehnico-ştiinţific repartizate pe două trimestre, începînd din luna noiembrie 1956 şi pînă în luna iunie 1957. Prin caracterul şi auditoriul lor aceste cursuri completează o serie de conferinţe organizate de alte instituţii şi organizaţii ca : A.S.I.T., S.R.S.C., A.R.L.U.S. etc. Înainte de toate este vorba de cursuri cu obiectivul precis de a deprinde auditoriul cu materia predată nu numai de a expune o temă. De aceea cursurile atacă fondul problemelor relevînd relaţiile fundamentale, metodele de calcul şi aplicaţiile practice ce le comportă. Apoi cursurile păstrează un nivel înalt, suprauniversitar. adresîndu-se în mod special cercetătorilor din institutele ştiinţifice ale Academiei R.P.R. sau departamentelor, aspiranţilor şi candidaţilor în ştiinţe, în fine inginerilor specialişti, constructori, proiectanţi şi din exploatări. Ele poartă asupra principiilor teoretice moderne, asupra progreselor în cercetările tehnico-ştiinţifice recente şi experienţei în aplicaţiile tehnicii înaintate, tratate toate la un nivel înalt ştiinţific. În urma unei experienţe rodnice din anii trecuţi, cursurile se organizează, în general pe cicluri, fiecare ciclu îmbrăţişînd un domeniu sau o tematică de interes actual şi general. În afara acestor cicluri s-a prevăzut un număr restrîns de cursuri speciale în cadrul cărora oamenii de ştiinţă eminenţi au ocazia a expune într-un număr restrîns de lecţii o sinteză a rezultatelor recente ale cercetărilor personale. Disciplinele în cadrul cărora s-au desfăşurat şi se desfăşoară cursurile sînt : matematica, fizica, energetica, mecanica, metalurgia, chimia şi agrotehnica.

În cele ce urmează ne vom referi numai la cursurile din cadrul primelor trei discipline care au contigenţă cu tematica revistei noastre.

1. **Cursurile din cadrul matematicilor** se desfăşoară pe două cicluri :

1.1. *Probabilităţi şi statistică matematică*, tratîndu-se problemele recente ale statisticii matematice (curs special al tov. Prof. Gh. Mihoc), aplicaţiile în metrologie (ing. Fl. Oniţiu şi procesele stocastice (conf. C. Ionescu—Tulcea).

1.2. *Ecuaţiile fizicii—matematice* foarte importante pentru multiple aplicaţii în fizică şi tehnică, tratîndu-se integrarea ecuaţiilor diferenţiale exterioare (prof. M. Haimovici), funcţii liniar—multiforme şi ecuaţii cu circuite ; propagarea undelor de formă dată (prof. N. Teodorescu), soluţii elementare (conf. L. Dobrescu—Purice). Tot în acest ciclu se încadrează şi lecţiile de sinteză a Acad. Gr. C. Moisil asupra teoriei algebrice a mecanismelor automate cu aplicaţii imediate şi utile în telefonia automată şi în schemele electrice complicate. De remarcat este şi lecţia principială „Matematica element de cultură în gîndirea tehnică (prof. D. Dumitrescu).

2. **Cursurile de fizică** s-au organizat, între altele, cu ciclurile ;

2.1. *Acustica*, tratîndu-se printre altele problemele privind mai mult telecomunicaţiile, metodele de combatere a zgomotelor generate de instalaţiile din clădiri (conf. N. Wegener)

2.2. *Cibernetica*, un ciclu amplu şi de mare interes introdus prin două lecţii ale prof. T. Tănăsescu cu contribuţii în teoria informaţiei (prof. S. Condrea), cibernetica tehnică şi maşinile inteligente (prof. Edm. Nicolau).

2.3. *Automatica şi tehnica măsurilor* în care s-au prezentat cursuri privind maşinile analoge de calcul pentru cercetarea ştiinţifică (prof. Edm. Nicolau), automatizarea maşinilor-unelte (prof. Chr. Vazaca), metode electronice industriale de măsura umidităţii (ing. M. Steru), domeniile de aplicare a regimurilor automate discontinue (ing. I. Papadache).

2.4. *Fizica atomică*, în cadrul căreia apar cursuri de radio chimie (conf. Silvia Ionescu), fizica nucleară şi radioactivitate (lector C. Beşliu), metrologia radiaţiilor (lector M. Oncescu), teoria semiconductoarelor (lector V. Sergiescu) şi reactorii nucleari (Ing. I. Purica).

2.5. *Prospecţiuni geofizice*, cursurile referindu-se între altele la evoluţia metodelor de prospecţiune radioactivă (conf. L. Constantinescu) prospecţiunea electrică prin metoda inducţiei, contribuţia prospecţiunii electrice în problema coroziunii conductelor subterane (ing. V. Eustatiade), reprezentări ale mărimilor magnetomotrice (ing. T. Cristescu), prospecţiuni magnetice (Dr. V.C. Papiu).

2.6. *Fizica atmosferei*, cursurile referindu-se la încercările moderne de precipitare artificială a norilor (lector Al. Grigoriu) cercetări asupra difuziei luminii în medii tulburi (conf. M. Herovanu), probleme noi privind ionosfera (prof. T. Ionescu)

3. **Energetica** este reprezentată prin două cicluri de mare, interes unul de natură teoretică şi altul de aplicaţie tehnică ambele din domeniul mai restrîns al electroenergeticii şi în legătură intimă cu electrotehnica.

3.1. *Aplicarea tensorilor în electrotehnică*, ciclu introdus prin lecţii aupra studiului mărimilor tensoriale în electrotehnică de Acad. C. Budeanu, continuat prin cîteva lecţii de noţiuni de calcul tensorial (lector M. Mayer) şi încheiat cu lecţiile prof. I.S. Antoniu despre aplicaţiile calculului tensorial în electrotehnică.

Aceste lecţii ţinute în continuare începînd de la 20 noiembrie şi pînă la 15 ianuarie au adus contribuţii şi lămuriri asupra aplicării şi mînuirii metodelor tensoriale în electrotehnică.

3.2. *Problemele transmisiei de energie sub tensiune foarte înaltă*, un ciclu de mare importanţă pentru dezvoltarea viitoare a electrificării introdus de tov. prof. M. Bercovici cu lecţia : problemele liniilor de foarte înaltă tensiune şi continuat cu lecţiile : conductoare jumelate, principiile construcţiei aparatajului de foarte înaltă tensiune (dr. ing. A. Avramescu şi ing. A. Popa), producerea curentului continuu de foarte înaltă tensiune (prof. M. Bercovici) lecţia specială privind tensiunile echivalente ale cîmpului electromagnetic (prof. R. Răduleţ), problemele privind construcţia transformatoarelor de mare putere şi înaltă tensiune, apoi încercarea întreruptoarelor de foarte înaltă tensiune (conf. Gh. Hortopan),

protecţia prin relee a instalaţiilor de foarte înaltă tensiune (conf. C. Penescu), principii constructive ale instalaţiilor de foarte înaltă tensiune (lector E. Constantinescu), proiecte şi realizări recente în construcţia liniilor şi staţiilor de foarte înaltă tensiune (conf. C. Mihăileanu).

Acestui ciclu îi aparţine şi sinteza cercetărilor asupra efectului pelicular la conductoarele liniilor de foarte înaltă tensiune (dr. ing. A. Avramescu).

Această enumerare incompletă şi sumară dă totuşi o idee de marele efort intelectual făcut de oamenii de ştiinţă şi specialiştii noştri pentru a împărtăşi cunoştinţele şi cercetările lor cadrelor tinere de cercetători şi ingineri specialişti, cu scopul ridicării continue a pregătirii lor profesionale şi ştiinţifice. Problemele abordate sînt de mare interes ştiinţific, dar în acelaşi timp de o reală utilitate, avînd în vedere introducerea în procesele de producţie a unor metode şi mijloace noi, mai eficace şi expeditive.

Pentru a nu încheia fără observaţii critice, atragem atenţia că gruparea lecţiilor în cicluri nu este totdeauna cea mai justă, de exemplu lecţia privind problemele ionosferei aparţinînd mai de grabă ciclului fizicii atmosferei decît prospecţiunilor geofizice. Ciclul de utilizare a izotopilor radioactivi din primul trimestru are aproape aceleaşi lecţii ca şi ciclul de fizica atomică din trimestrul II.

Nivelul cursurilor nu este încă suficient de uniform, pe lîngă lecţii de înaltă ţinută ştiinţifică apărînd lecţii al căror nivel nu depăşeşte pe acel tehnic-ingineresc, chiar dacă sînt din domeniul fizicii.

Desigur că aceste observaţii, cît şi altele pe care direcţia de studii sub conducerea iscusită a tov. prof. N. Teodorescu le va nota, vor contribui la îmbunătăţirea fondului şi organizării cursurilor în viitor.

Ca un deziderat general formulăm cererea unui număr considerabil de auditori, ca unele din cicluri să fie publicate în broşuri sau cărţi în biblioteca cursurilor pentru ştiinţă şi tehnică. În acest scop propunem direcţiei cursurilor să intervină pe lîngă autorii lecţiilor să le redacteze pentru tipar, fiecare ciclu de lecţii urmînd a fi coordonat de un specialist cu o vedere de ansamblu asupra problemelor tratate în cadrul ciclului. În acest fel se va putea difuza mai bine materialul prezentat în lecţii mai ales pentru cercetătorii şi specialiştii noştri din provincie sau aici, care — cu toate sforţările secretariatului în ceea ce priveşte afişajul şi invitaţiile — nu au avut timpul necesar pentru a audia cursurile.

A. A

RECTIFICARE

In nr. 1/1957 al Revistei Electrotehnica a apărut articolul **„Posibilităţi de măsurare a puterii reactive şi a energiei reactive în reţelele trifazate nesimetrice"** de ing. *M. Preda* şi *C. Ambrozie* la care trebuie făcute următoarele rectificări:

1. In rezumatul articolului (p. 19) trebuie omis cuvîntul „exact".

2. La nr. crt. 2 din tabela 1 (p. 21) în loc de W 1m trebue să apară 1 Wm; la nr. crt. 7 din aceeaşi tabelă, ultimul termen al expresiei are forma corectă $\overline{U}_{30}(\overset{*}{I}_2-\overset{*}{I}_1)$.

3. In indicaţiile schemelor din fig. 5 (p. 23) în loc de *a,b,c,* trebuie să apară respectiv i_1, j, i_2 (pentru ca notaţiile să fie în concordanţă cu textul şi cu tabela 2 — p. 24); indicaţia corectă de sub *b* respectiv j este „cu neutru artificial pentru reţele cu fir neutru".

4. Din observaţia 2) de sub tabela 2 (p. 24) trebuie înlăturat cuvîntul „nu".

LEXICONUL TEHNIC ROMÎN (Vol. I)

ELABORARE NOUĂ — EDITURA TEHNICĂ, 548 pagini.

FAŢĂ de dezvoltarea în ţara noastră a numeroase ramuri de producţie, de amplificare şi adîncire a celor vechi, de îndreptare a cîmpului interesului tehnic spre noi sectoare ale economiei naţionale, Asociaţia Ştiinţifică a Inginerilor şi Tehnicienilor din Republica Populară Romînă (A.S.I.T.), a scos de sub tipar vol. I al unei noi elaborări a Lexiconului Tehnic Romîn.

Mult mai amplă ca prima elaborare adîncindu-se informaţia tehnică a materialului documentar din diferitele domenii ale tehnicii şi subordonînd explicarea sensului termenilor de specialitate legăturilor generale dintre aceştia în cadrul disciplinei respective, această elaborare a Lexiconului Tehnic Romîn este de fapt o lucrare cu totul nouă, care face numai relativ mici împrumuturi din materialul primei ediţii a Lexiconului.

Lucrarea are deci, prin amploarea şi documentaţia ei, caracterul unei adevărate enciclopedii tehnice, în care s-a considerat mai potrivit să se păstreze organizarea după cuvinte directoare alfabetizate.

Vol. I conţine circa 4260 termeni directori (evidenţiaţi cu caractere grase sau semigrase), circa 620 termeni explicaţi în text şi 816 figuri.

СОДЕРЖАНИЕ

Д. К.621. 3 :061CEI
Международная электротехническая комиссия.
Electrotehnica V (1957) №. 4, стр. 101.

Д.К.621.313.32.001 : 621.317.081.4
Cotnăreanu, I.
Емкостный делитель напряжения для энергетических сетей.
Electrotehnica, V (1957) №. 4, стр. 102

На основе сравнительного исследования емкостных делителей напряжения приводится описание делителя напряжения сконструированного ИКПЕТ путем использования цепи изоляторов в 110 кв. Делитель служит для измерения напряжения линии, причем ошибки измерений не превышают ± 5%.

Д.К. 621.315.1.05 : 621.317.727
Nedelcu, V.
Системы относительных единиц. применяемые в теории синхронной машины.
Electrotehnica, V (1957) №. 4, стр. 106

Описываются обе системы относительных величин и единиц, используемые в теоретическом исследовании синхронных машин. Приводятся уравнения машины, выраженные в обеих системах, а также делается сравнение между ними, причем указываются соответствующие преимущества и недостатки в данных условиях.

Д.К. 621.352.32
Fihman, L.
Новейшие элементы с положительным электродом из двуокиси марганца.
Electrotehnica, V (1957) №. 4, стр. 113

В статье дается описание усовершенствований внесенных в течение последних лет в конструкцию элементов классического типа (Лекланше), из окиси марганца и цинка.

ДИСКУСИИ
Д.К.621. 3. 025. 4 : 512. 98
Применение комплексных операторов при изучении многофазных электрических цепей.
Andronescu, Pl. Замечания
Antoniu I. S. Ответ
Electrotehnica, V (1957) № 4, стр. 119

РЕФЕРАТЫ стр. 123
ХРОНИКА стр. 129

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.3 : 061. C.E.I.
Internationaler elektrotechnischer Ausschuss
Electrotehnica, V (1957) H. 4, S. 101

DK 621.313.32.001 : 621.317.081.4
Cotnăreanu, I. :
Kapazitiver Spannungsteiler für Energienetze
Electrotehnica, V (1957) H. 4, S. 102

Nach einer vergleichender Untersuchung der kapazitiven Spannungsteiler wird ein Spannungsteiler beschrieben, der im Forschungs-institut ICPET durch Verwendung einer 110 kV Isolatorenkette ausgeführt wurde. Der Spannungsteiler dient zur Messung der Linienspannung, mit Messfehler von höchstens ± 5% .

DK 621.315.1.05 : 621.317.727
Nedelcu, V. :
Die relativen Einheitssysteme, die in der Theorie der Synchronmaschine Anwendung finden
Electrotehnica, V (1957) H. 4, S. 106

Es werden die zwei relativen Grössen — und Einheitssysteme dargestellt, die bei der theoretischen Untersuchung der Synchronmaschinen Verwendung finden. Dann werden die Maschinengleichungen in beider Systemen dargestellt und verglichen, wobei die Vor-und Nachteile jedes Systems angegeben werden.

DK 621.352.32
Fihman, L. :
Neue Elemente mit positiver Elektrode aus Mangandioxyd
Electrotehnica, V (1957) H. 4, S. 113

Der Artikel enthält die Beschreibung der Verbesserungen, die das Element klassischer Type (Leclanché) mit Manganzinkdioxyd in den letzten Jahren erfuhr. Behandelt werden : Verlauf der Spannung, Erhöhung der Ladung, Massnahmen gegen Polarisation und Korrosion usf

DISKUSSIONEN
DK 621.3.025.4 : 512.98
Die Anwendung der komplexen Operatoren zum Studium der mehrphasigen elektrischen Stromkreise
Andronescu, Pl. : Bemerkung n
Antoniu, I. S. :Antwort
Electrotehnica, V (1957) H. 4, S. 119

REFERATE, S. 123
CHRONIK, S. 129

SOMMAIRE

CD 621.3 : 061. C.E.I.
La Commission Electrotechnique Internationale
Electrotehnica, V (1957) no. 4, p. 101

CD 621.313.32.001 : 621.317.081.4
Cotnăreanu, I. :
Diviseur capacitif de tension destiné aux réseaux énergétiques
Electrotehnica, V (1957) no. 4, p. 102

Après une étude comparative des diviseurs capacitifs de tension l'on décrit le diviseur realisé par l'auteur dans l'Institut de Recherches ICPET en utilisant une chaîne d'isolateurs de 110 kV. Le diviseur sert à mésurer la tension de ligne. Les erreurs ne dépassent pas l'écart de ± 5%

CD 621.315.1.05 : 621.317.727
Nedelcu, V. :
Les systèmes d'unités relatives utilisés dans la théorie de la machine synchrone.
Electrotehnica, V (1957) no. 4, p. 106

On présente les deux systèmes de grandeurs et d'unités utilisées dans l'étude théorique des machines synchrones. On donne les équations de la machine synchrone dans les notations des deux systémes. On les compare tant en indiquant les avantages que les désavantages de chacun de ces systèmes

CD 621.352,.32
Fihman, L. :
Piles modernes à électrode positive en bioxyde de manganèse
Electrotehnica, V (1957) no. 4, p. 113

L'article décrit les derniers perfectionnements des piles classiques en bioxyde de manganèse-zinc (Leclanché) Les problèmes traités sont : courbe de la chute de tension, accroissement de la capacitée, mésures contre la polarisation et contre la corrosion.

CD 621.3.025.4 : 512.98
DISCUTIONS
L'emploi des opérateurs complexes à l'étude de circuits électriques polyphasés
Andronescu, Pl. : Observations.
Antoniu, I. S. : Réponse
Electrotehnica, V (1957) no. 4, p. 119

DOCUMENTATION, p. 123

CHRONIQUE, p. 129

CONTENTS

DC 621.3 : 061. C.E.I.
International Electrical Engineering Commission
Electrotehnica, V (1957) no. 4, p. 101

DC 621.313.32.001 : 621.317.081.4
Cotnăreanu, I. :
Capacitory voltage divider for energetic network
Electrotehnica, V (1957) no. 4, p. 102

After a comparative study of capacitory voltage dividers the author describs a voltage divider carried out by him in the Institut of Researches ICPET, by using a 110 kV insulating chain. This divider serves for measuring the line voltage with errors within ± 5%.

DC 621.315.1.05 : 621.317.727
Nedelcu, V. :
Relative units systems used in the theory synchronous machines
Electrotehnica, V (1957) no. 4, p. 106

Both systems of relative quantities and unities used in the theoretical study of synchronous machines are exposed. The machine equations are given in both system notations A comparison between them is made and the advantages and disadvantages of each one are pointed out.

DC 621.352.32
Fihman, L. :
New piles with manganese dioxide positive electrode
Electrotehnica, V (1957) no. 4, p. 113

The paper describs the improvements brought in the last few years to the manganese-zinc dioxide pile (Leclanché) of classical type. Discussed questions : voltage drop characteristic, capacity growth, measures against polarisation and corrosion.

DC 621.3.025.4 : 512.98
DISCUSSIONS
Application of complex operators in studying polyphased electric circuits
Andronescu, Pl. : Remarks
Antoniu I. S. : Answer
Electrotehnica V (1957) no. 4 p. 119

ABSTRACTS, p. 123

CHRONICLE, p. 129

Magyar Mérnök Könyvtár BUDAPEST

ELECTROMAGNETISM

White, D. C.; Kusko, A.: CZ 538.31 : 37
Unificarea predării transformării de energie electromecanică. Electr. Engng. 75 (1956) 11, 1028—33.

Schering, H. CZ 538.522.001.24
Distanța medie geometrică a unei suprafețe circulare Electrotehn. Z —A, 77 (1956) 1, p. 12—13.

Iankin, P. A. CZ 538.551.2 :621.3.012.8
Despre transformarea circuitelor neliniare. Electricestvo 76 (1956) 12, p. 21—25

MAȘINI ȘI TRANSFORMATOARE

Saharov, I. E. CZ 621.313.322—81—752
Determinarea experimentală a vibrațiilor la turbogeneratoarele mari. Vestnic Electropromîșlenosti, 27 (1956) 7, p. 46—52

Gurin, I. S. CZ 621.313.2.043.3
Despre bazele calculului rotoarelor mașinilor de curent continuu. Vestnic Electropromîșlenosti, 27 (1956) 7, p. 57—62.

Venicov, V. A. CZ 621.313.322 :621.316.731
Despre creșterea posibilității de folosire a generatoarelor de puteri mari prin aplicarea reglajului intens al excitației. Vestnic Electropromîșlenosti, 27 (1956) 9, p. 9—15.

Pancrațiev, A. F. CZ 621.313.333—213.4
Noua serie de electromotoare asincrone cu protecție la explozie, pentru puteri 0,6—7 kW. Vestnic Electropromîșlenosti, 27 (1957) 9, p. 24—27.

Kraițberg, M. I. CZ 621.313.333.2
Motor asincron cu bobina în scurtcircuit pe rotor Vestnic Electropromîșlenosti, 27 (1956) 9, p. 27—31.

Dobco, I. D., CZ 622.67 :621.34
Despre folosirea motoarelor electrice de înaltă tensiune la acționarea troliurilor de foraj de 130 și 200 t. Vestnic Electropromîșlenosti, 27 (1956) 10, p. 62—65

Basanov, L. N. CZ 621.313.13—185.3
Particularități constructive ale motoarelor electrice cu turații mari. Vestnic Electropromîșlenosti, 27 (1956) 11, p. 14—17.

Strain, R. A. CZ 621.313.13—181.4 : 621.317.328.8
Aspecte din încercarea comparativă cu unde de șoc a motoarelor electrice mici. Trans. Am. Inst. electr. Engrs. III (Power-App. Syst.)75 (1956) 25, 917—919.

Guerdon, D. A. CZ 621.039.42 :621.313.8
Proiectarea unui motor cu reluctanță de viteză foarte mică pentru antrenarea barelor în reactoare atomice Trans. Am. Inst. electr. Engrs. III (Power App. Syst.) 75 (1956) 26, p. 1015—1022.

Mc. Crumm, I. D. CZ 621.313.322.029.45
Caracteristici și proiectarea unui alternator de 4 000 Hz Trans. Am. Inst. electr. Engrs. III (Power App. Syst.) 75 (1956) 26, p. 941—945.

Schmidt, R. A. CZ 621.313.333.014.3
Calculul curenților de derivație în defecte interne ale motoarelor de curent alternativ. Trans. Am. Inst. electr. Engrs. III (Power-App. Syst.) 75 (1956) 26, p. 818—824.

Venkata, R. P. CZ 621.313.333.064.1
Transienți de conectare în motoare de inducție monofazate. Trans.Am. Inst. electr. Engrs. III (Power-App. Syst.) 75 (1956) 26, p. 1023—1029

Fillmore, R. L. CZ 621.313.333—181.4
Calculul curenților turbionari în căile de curent din rotoarele motoarelor de inducție mici. Trans. Am. Inst. electr. Engrs. III (Power-App. Syst.) 75 (1956) 26, p. 922—926.

Klopfenstein, A. CZ 621.314.222.016.3
Încărcarea economică a transformatoarelor de putere Trans. Am. Inst. electr. Engrs. III (Power-App. Syst.) 75 (1956) 26, p. 979—983.

Chang, S. S. L. CZ 621,313.333.012.8
Teorema de echivalență, analiza și sinteza motoarelor de inducție monofazate cu înfășurări multiple care nu sînt în cuadratură. Trans. Am. Inst. electr. Engrs. III (Power-App. Syst) 75 (1956) 26, p. 913—916

Usov, B. B. CZ 621.313.048 :621.215.616.96
Rășini poliamidice și folosirea lor la izolarea prin presare a bobinajelor mașinilor electrice. Vestnic Electropromîșlenosti, 27 (1956) 8, p. 12—16

Thommen, H. E.; Strenli, W. R. CZ 621.316.57.064.45
Dezvoltarea unui întreruptor cu aer comprimat în 3 cicli cu capacitate de rupere pînă la 25 000 MVA Trans. Am. Inst. electr. Engrs. III (Power.-App. Syst.) 75 (1956) 26, p. 793—803

Mohr, O. CZ 621.316./317.001.1
Grundlagen der allgemeinen Elektrotechnic III. Schaltvorgänge, Widerstandsformen, Messtechnik.
Walter de Gruyter, Berlin 1956 (Sammlung Göschen Nr. 198).

MATERIALE ELECTROTEHNICE

Baev, V. A. CZ 621.313.048 :621.315.616.96
Rășini poliamidice și folosirea lor la izolarea prin presare a bobinajelor mașinilor electrice. Vestnic Electropromîșlenosti, 27 (1956) 8, p. 12—16.

Zabirina, I. I. CZ 621.315.617.4
Emailuri electroizolante, termostabile, de acoperire Vestnic Electropromîșlenosti, 27 (1956) 8, p. 17—23

Solodovnicov, P. N. CZ 621.313.333.018.46
Despre alunecarea critică la electromotoarele asincrone Vestnic Electropromîșlenosti, 27 (1956) 11, p. 57—60.

Iamanov, S. A. CZ 621.315.616
Protejarea izolației electrice față de umiditate cu compuși organici ai siliciului. Vestnic Promîșlenosti, 27 (1956) 11, p. 64—69

Hersping. A. CZ 621.315.612.4
Materiale ceramice ferroelectrice. Electrotechn. Z—A, 77 (1956)2, p. 53—58

Potthoff, K.; Vees, R.: CZ 621.315.617.4.537.226
Proprietățile dielectrice ale lacurilor izolante. Electrotechn.Z—A, 77 (1956) 3, p. 65—69

MĂSURĂTORI ELECTRICE

Widdis, F. C. CZ 621.317.7.025 : 621.316.86
Termistorul încălzit indirect, un instrument precis de transformare c.a. — c.c. Proc. Instn. electr. Engrs. B 103 (1956) 12, p. 693—703.

Thompson, A. M. CZ 621.317.443 : 621.317.733.025
O punte pentru măsurarea permeativității Proc. Instn. electr. Engrs. B, 103 (1956) 12, p. 704—709

Neceav, G. K. CZ 621.317.61 :621.316.7.077.1
Rezistența termică folosită ca traductor de temperatură în scheme cu logometru. Electricestvo, 76 (1956) 12, p. 52—55

Sattelberg, K. CZ 621.317.761
Un frecvențmetru de sensibilitate mare cu circuit de rezonanță mecanică. ETZ—A, 77 (1956) 3, p. 84—87.

Herbst, W. CZ 621.317.755.027.3 :621.317.2
O cabină mobilă pentru înregistrarea oscilografică a proceselor rapide în înalta tensiune. Electrotechn. Z—A, 77 (1956) 4, p. 105—107

Samal, E. CZ 621.317.39 :536.532
Preciziunea măsurătorilor de temperatură cu termoelemente după necesitățile în exploatare. Eletrotechn. Z.—B, 8 (1956) 5, p. 197—202

NORME ȘI STANDARDE

Donskoi, A. V. CZ 621.396.823 (083.13)
Despre normele pentru limitele admisibile ale paraziților radiofoniei industriali. Vestnic Electropromîșlenosti, 27 (1956) 11, p. 54—56.

Stormanns, A. CZ 621.3 (083.133.1)
Proiect pentru prescripții noi pentru instalații electrice miniere subterane. ETZ—A, 27 (1956) 2, p. 59—60.

Lei 5.—

KAT

ELECTROTEHNICA

Institut. de Documentare Tehnică
BUCUREȘTI
OBMEH - CSERE
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - ОБМЕНА

5

Electrotehnica Ânul V Nr. 5 mai 1957

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU, prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, prof. dr. ing. A. AVRAMESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R. (redactor responsabil), ing. V. BUNEA, laureat al Premiului de Stat, prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU, conf. ing. D. DAMSKER, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. ST. GROSU, conf. ing. GH. HORTOPAN, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. G. LAZARIDE, prof. dr. ing. R. RĂDULET, membru corespondent al Academiei R.P.R. laureat al Premiului de Stat.

Recomandări privind întocmirea articolelor tehnico-științifice

1. *Lucrări ce pot fi prezentate spre publicare sînt: de importanță generală, tehnico-științifice speciale, teoretice sau experimentale și tehnice obișnuite.*
2. *Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învățămînt, producție, este condiția esențială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuție trebuie să se refere la probleme noi și actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde considerații privind eficiența economică a soluțiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.*
3. *Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.*
4. *Lucrări care au mai fost publicate integral sau parțial, nu pot fi trimise redacției spre publicare*
5. *Un scurt rezumat fixînd premizele de la care s-a pornit, problema studiată și cadrul în care este tratată, nedepășind 6—8 rînduri, se va anexa lucrării.*
6. *În introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei și în preocupările producției; de asemenea se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuția autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permițînd inteligibilitatea fără dificultăți a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstrații voluminoase; de asemenea se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată, sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.*
7. *Concluziile vor concentra rezultatele obținute cu indicarea limitei de valabilitate și aplicațiilor posibile.*
8. *Anexele pot cuprinde demonstrații originale sau absolut necesare înțelegerii formulelor din text; de asemenea în anexe se pot da exemple de calcul.*
9. *Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmațiile luate din alte lucrări și care nu sînt în general cunoscute.*
10. *Nivelul articolelor va fi înalt.*
11. *Dezvoltările matematice vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului. Pentru demonstrații se vor alcătui anexe.*
12. *Se recomandă o atenție deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grije literele majuscule, minuscule sau cele ruseți, romane, grecești, germane etc.*
13. *Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît și figuri sau tabele) speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale. Pentru cărți: numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet (eventual și tradus în paranteză), edifia, editorul, locul editării, anul. Pentru articole: numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus în paranteze), revista tomul, anul, numărul, paginile.*
14. *Scrisul la mașină al articolelor este recomandat cu insistență exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură față, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.*
15. *Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicații.*
16. *Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. În notă se vor indica: titluri academice, funcțiuni, localitatea și adresa domiciliului, număr de telefon.*
17. *Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora de publicare.*
18. *Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 ore de la primire. Nu se admit modificări esențiale față de manuscris, în care caz ele cad în sarcina autorului.*

Revista „Electrotehnica". organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Grele Editor: Asociația Științifică a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. Redacția: București, Str. Ion Gnica nr. 3, telefon 3 57 28 — 3 07 30. Administrația și Casieria: București, Cal. Victoriei 118, telefon 4 06 24. Redacția își rezervă toate drepturile privind lucrările precum și materialul grafic—ilustrativ apărut în revistă cît și cele privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase, referate sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei. Revista apare lunar. Abonamentul anual: pentru întreprinderi lei 96 și individual lei 30. Prețul unui exemplar: lei 5. Abonamentele se primesc la sediile administrației sau redacției, sus indicate. Tiparul Întreprinderea Poligrafică nr. 3. București.

ELECTROTEHNICA

Anul V Nr. 5 mai 1957

SUMAR

Salut celui de al II-lea Congres al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor
Electrotehnica, V (1957) nr. 5, p. 133

CZ 621.372 : 512.831
Preda, M.
Considerații asupra aplicării calculului matricial în studiul rețelelor electrice
Electrotehnica, V (1957) nr. 5, p. 134

Ecuațiile matriciale ale lui G. Kron sînt obținute pe baza teoremelor lui Kirchhoff. Se arată că metoda interconectării rețelelor este aplicabilă numai în cazurile în care rețelele componente se obțin din rețeaua complexă prin tăierea acesteia și scurtcircuitarea într-un singur nod a tuturor laturilor tăiate.

CZ 621.315.623.4 : 537.212
Popescu Ch. și *Tănăsescu Fl.*
Imaginea cîmpului electric în jurul izolatoarelor suport de interior, indigene de 6, 10, 20, 35 kV. Comportarea lor la unde de impuls de tensiune
Electrotehnica, V (1957) nr. 5, p. 139

După ce se trec în revistă metodele utilizate în străinătate pentru determinarea imaginii cîmpului în jurul izolatoarelor, se descrie metoda cu paiul, pentru care s-a construit un nou dispozitiv de către autori. Se arată și se discută rezultatele obținute pentru izolatoare suport indigene de tip SB 6, SA 10, SB 20, SB 35. Comportarea acelorași tipuri de izolatoare la impuls de tensiune s-a verificat experimental. Se fac propuneri pentru îmbunătățirea formei izolatoarelor.

CZ 621.315.52.011
Saviuc, V., Şabatin, I., Crişan, Al.
Parametrii electrici în curent alternativ ai conductoarelor unifilare de oțel de producție indigenă.
Electrotehnica, V (1957) nr. 5, p. 148

Se studiază experimental variația rezistenței active și a reactanței interioare în funcție de curent la sîrmele de oțel fabricate actualmente în țară. Se cercetează influența temperaturii și a efortului de întindere asupra acestor parametri. Se indică produsele indigene care se pot utiliza drept conductoare active în rețelele de energie electrică. Se prezintă unele concluzii necesare la proiectarea rețelelor cu conductoare de oțel.

CZ 621.316.7.077.2 : 621.3.043.3
Morrau, A.
Rezistența rotorului în formă de pahar
Electrotehnica, V (1957) nr. 5, p. 153

Pentru a calcula rezistența rotorului în formă de pahar, folosit în servomotoarele bifazate, autorul integrează ecuațiile cîmpului electromagnetic punînd corect condițiile la limită. Ipotezele simplificatoare care se fac corespund situației reale din practică. Se deduce o formulă simplă pentru calculul rezistenței acestor rotoare.

NOTE
CZ 621.372.2 : 519.3
Freund, P. G. O.
Generalizarea metodei variaționale de stabilire a ecuației telegrafiștilor pentru cazul liniilor disipative.
Electrotehnica, V (1957) nr. 5, p. 156

REFERATE, p. 157
RECENZII, p. 163

Reînoiți
ABONAMENTELE
pe semestrul II
1957
LA REVISTELE
TEHNICE
ASIT

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ȘI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI GRELE

Anul V Nr. 5 București, mai 1957

Salut celui de-al II-lea Congres al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor

Între 29 mai și 1 iunie a.c. va avea loc în București cel de-al doilea Congres al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor — A.S.I.T.

Primul Congres al Asociației a avut loc în anul 1951 și a stabilit sarcinile inginerilor și tehnicienilor în vederea îndeplinirii cu succes a sarcinilor și obiectivelor primului plan cincinal. Hotărîrile adoptate la acest Congres au constituit un prețios îndreptar în activitatea dusă în cadrul A.S.I.T.-ului a cadrelor tehnice din țara noastră. Astăzi după 6 ani, economia, știința și tehnica Republicii Populare Romîne au progresat mult avansînd pe calea construirii socialismului; aportul inginerilor și tehnicienilor la această operă istorică a fost substanțial și neprecupețit.

Al doilea Congres A.S.I.T. are ca scop ca pe baza obiectivelor politico-economice fixate de Congresul al II-lea al P. M. R. și de Plenara C. C. al P. M. R. din decembrie 1956, cum și pe baza experienței cîștigate în anii care au trecut, să stabilească măsurile prin care Asociația să contribuie la perfecționarea continuă a producției industriale și agricole.

La lucrările Congresului vor participa delegați din străinătate, oameni de știință și cele mai înaintate cadre de ingineri și tehnicieni din țară.

Raportul Consiliului Central A.S.I.T. va fi prezentat de Acad. prof. N. Profiri, președintele A.S.I.T.

De asemenea se vor prezenta următoarele rapoarte:

1. „Introducerea și extinderea tehnicii noi în industria socialistă a R. P. R." *raportor Dr. Ing. Ștefan Bălan, membru corespondent al Academiei R. P. R., vicepreședinte al A.S.I.T.*

2. „Organizarea științifică a producției industriale" *raportor Prof. ing. C. Atanasiu, membru în Biroul Consiliului Central A.S.I.T.*

3. „Introducerea tehnicii noi în organizarea științifică a producției în agricultură" *raportori Ing. Al. Priadcencu membru corespondent al Academiei R.P.R., vicepreședinte al A.S.I.T. și Prof. dr. Al. Romanovici, vicepreședintele Secției Științelor Agricole A.S.I.T.*

4. „Buna folosire a inginerilor și tehnicienilor" *raportori Prof. dr. ing. R. Rădulet, membru corespondent al Academiei R. P. R., membru al Consiliului Central A.S.I.T., Prof. dr. ing. T. Tănăsescu, membru corespondent al Academiei R. P. R., vicepreședinte al A.S.I.T.*

5. Statutul modificat al Asociației, *raportor Ing. Oliviu Rusu*, prim *secretar al A.S.I.T.*

Congresul va lucra pe următoarele secții de specialitate:

1. Energetică și Electrotehnică; 2. Metalurgie; 3. Construcții de Mașini; 4. Petrol și Gaze; 5. Mine; 6. Chimie; 7. Construcții; 8. Științe Agricole; 9. Industrie Alimentară; 10. Industrie Ușoară; 11. Silvicultură și Industria lemnului; 12. Transporturi.

Hotărîrile adoptate la cel de-al doilea Congres A.S.I.T. vor constitui un prețios îndreptar în munca depusă de inginerii și tehnicienii patriei noastre pentru construirea socialismului.

Considerații asupra aplicării calculului matricial în studiul rețelelor electrice

M. PREDA — Craiova*)

În ultimul timp lucrările lui G. Kron referitoare la calculul matricial aplicat la studiul rețelelor electrice, au fost foarte mult discutate în țară. S-a stabilit că în ce privește interconexiunea rețelelor electrice metoda indicată de Kron nu este atît de generală și duce în unele cazuri la rezultate eronate. În lucrare, autorul ajunge la rezultate corecte cunoscute, făcînd demonstrația în spiritul lui Kron. Prima parte a lucrării este destinată deducerii ecuațiilor matriciale pe baza teoremelor lui Kirchhoff, iar a doua, se ocupă cu studiul interconexiunii. Se arată că metoda interconectării se poate aplica corect numai dacă f.e.m. de contur ale rețelei date pot fi exprimate în funcție de f.e.m. de contur ale rețelelor componente, ceea ce are loc numai dacă rețelele componente se obțin din rețeaua dată prin tăierea și scurtcircuitarea tuturor laturilor tăiate într-un singur nod.

CZ 626,372 ; 512.831

1. Stabilirea ecuațiilor matriciale fundamentale pe baza legilor lui Kirchhoff. Considerăm o rețea liniară cu m laturi, n noduri și b contururi independente. Pentru simplicitate admitem că rețeaua considerată nu este formată din mai multe subrețele.

În fiecare latură a rețelei alegem un sens pozitiv comun pentru curent, căderile de tensiune și pentru forța electromotoare conținută în acea latură.

Se știe că numărul b de contururi independente ale rețelei, are expresia :

$$b = m - n + 1.$$

Aplicînd legile lui Kirchhoff pentru un sistem de b contururi independente se obține un sistem de b ecuații avînd forma[1]):

$$\sum_k E_k = \sum_k U_k \quad \text{unde} \quad U_k = \sum_{l=1}^{m} Z_{kl} I_l.$$

Aceste ecuații se pot exprima și în forma :

$$\sum_{k=1}^{m} \varepsilon_{\nu k} E_k = \sum_{k=1}^{m} \sum_{l=1}^{m} \varepsilon_{\nu k} Z_{kl} I_l \quad (\nu = 1,2,\ldots,b) \qquad (1)$$

în care :

$$\varepsilon_{\nu k} = \begin{cases} 0 \text{ dacă elementul } k \text{ nu face parte din conturul } \nu ; \\ 1 \text{ dacă elementul } k \text{ face parte din conturul } \nu \text{ și cele două sensuri pozitive își corespund (sensul de parcurs în contur cu sensul pozitiv în element) ;} \\ -1 \text{ dacă elementul } k \text{ face parte din conturul } \nu \text{ iar sensurile pozitive sînt opuse.} \end{cases}$$

Sistemul de ecuații liniare (1) se poate exprima matricial astfel :

$$[\varepsilon_{\nu k}]\,[E] = [\varepsilon_{\nu k}]\,[Z][I] \qquad (2)$$

unde :

$$[\varepsilon_{\nu k}] = \begin{bmatrix} \varepsilon_{11} & \varepsilon_{12} & \cdots & \varepsilon_{1m} \\ \varepsilon_{21} & \varepsilon_{22} & \cdots & \varepsilon_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \varepsilon_{b1} & \varepsilon_{b2} & \cdots & \varepsilon_{bm} \end{bmatrix} \qquad (3)$$

$$[E] = \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \\ \vdots \\ E_m \end{bmatrix}, \quad [Z] = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} & \cdots & Z_{1m} \\ Z_{21} & Z_{22} & \cdots & Z_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ Z_{m1} & Z_{m2} & \cdots & Z_{mm} \end{bmatrix},$$

$$[I] = \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \vdots \\ I_m \end{bmatrix}.$$

Relația (2) nu permite determinarea matricei curenților $[I]$, deoarece ea corespunde numai celei de a doua legi a lui Kirchhoff, care singură nu permite determinarea valorilor curenților. Matematic, acest lucru rezultă din faptul că matricea produs $[\varepsilon_{\nu k}]\,[Z]$, care înmulțește matricea $[I]$, este o matrice dreptunghiulară care nu are matrice inversă.

Pentru a obține cei m curenți care circulă prin cele m laturi ale rețelei, mai trebuie ca pe lîngă sistemul de ecuații (2) care se obține prin aplicarea celei de a doua legi a lui Kirchhoff unui sistem de b contururi independente, să se mai utilizeze și ecuațiile care decurg din prima lege a lui Kirchhoff. Din prima lege a lui Kirchhoff, pentru circuitul considerat cu n noduri rezultă un sistem de $(n-1)$ ecuații independente. Acest sistem de ecuații permite să se determine $(n-1)$ curenți în funcție de ceilalți $m-(n-1)=b$ curenți. Cu alte cuvinte toți cei m curenți se pot exprima pe baza sistemului de ecuații obținut din aplicarea primei legi a lui Kirchhoff în funcție de b curenți independenți. Acești b curenți independenți corespund în particular curenților ciclici denumiți și curenți de contur.

Se observă ușor că ecuațiile care exprimă cei m curenți, pe baza primei legi a lui Kirchhoff, în funcție de un sistem de b curenți de contur independenți corespunzători celor b contururi

*) *Ing. M. Preda* este lector la Inst. Tehnic-Craiova.

[1]) Mărimile E, U, I reprezintă valorile f.e.m. a tensiunii și a curentului, valorile lor în formă complexă, sau imaginile lor după cum se studiază un circuit de curent continuu în regim armonic sau tranzitoriu.

cărora li s-a aplicat legea a doua a lui Kirchhoff, se exprimă astfel:

$$I_k = \sum_{\nu=1}^{b} \varepsilon_{\nu k} I'_\nu \quad (k=1,2\ldots,m). \tag{4}$$

Se observă că sistemul de ecuații (4) se exprimă matricial în forma:

$$[I] = [\varepsilon_{\nu k}]_t \,.\, [I'] \tag{5}$$

unde $[\varepsilon_{\nu k}]_t$ este matricea transpusă a matricei $[\varepsilon_{\nu k}]$ iar

$$[I'] = \begin{bmatrix} I'_1 \\ I'_2 \\ \vdots \\ I'_b \end{bmatrix}$$

Din sistemul de ecuații matriciale (2) și (5) se poate deduce matricea curenților independenți $[I']$. În adevăr, pe baza ecuației (5), ecuația (2) se poate exprima astfel:

$$[\varepsilon_{\nu k}] \,.\, [E] = [\varepsilon_{\nu k}]\ [Z][\varepsilon_{\nu k}]_t \cdot [I'] \tag{6}$$

Rezultă că matricea curenților independenți se poate calcula din ecuația matricială

$$[E'] = [Z']\ [I'] \tag{7}$$

unde am notat:

$$\begin{aligned} [E'] &= [C]_t\ [E] \\ [Z'] &= [C]_t\ [Z]\ [C] \end{aligned} \tag{8}$$

iar matricea $[C] = [\varepsilon_{\nu k}]_t$ reprezintă matricea de conexiune dintre curenții din laturile rețelei și sistemul de curenți independenți considerat.

Folosind aceste notații, din aplicarea legilor lui Kirchhoff se obțin final ecuațiile matriciale

$$\begin{aligned} [E'] &= [Z']\,[I'] \\ [I] &= [C]\ [I'] \end{aligned} \tag{9}$$

care se pot rezolva direct și mai ușor decît sistemul de ecuații care decurge nemijlocit prin aplicarea primei legi a lui Kirchhoff pentru $(n-1)$ noduri din circuit.

Utilizarea sistemului de ecuații (9) se bazează pe ușurința cu care se stabilește matricea de conexiune $[C]$ prin simpla exprimare, pe baza primei legi a lui Kirchhoff, a curenților din laturi în funcție de curenții independenți aleși.

Observații.

— Ecuațiile de forma (9) sînt valabile și dacă în locul curenților de contur se consideră un sistem oarecare de b curenți independenți. Într-adevăr, dacă se exprimă cei b curenți de contur considerați $[I']$ în funcție de un sistem oarecare $[I'']$ de b curenți independenți, conform relației:

$$[I'] = [C']\ [I'']$$

din ecuațiile (9) și (8) rezultă ecuațiile

$$[I] = [\mathcal{C}]\ [I''] \qquad [E''] = [Z'']\ [I'']$$

unde:

$$[E''] = [\mathcal{C}]_t\ [E] \qquad [Z''] = [\mathcal{C}]_t\ [Z]\ [\mathcal{C}].$$

— Matricele $[E]$ și $[Z]$ sînt comune pentru rețeaua dată și pentru rețeaua primitivă indicată în lucrările lui G. Kron. Această rețea primitivă poate fi deci utilizată (conform propunerii lui Kron) pentru formarea acestor matrici $[E]$ și $[Z]$.

Rezultă următoarea metodă matricială de determinare a curenților din laturile unei rețele liniare:

a) se numerotează cele m laturi ale rețelei $(1,2,\ldots,m)$ alegîndu-se și cîte un sens pozitiv arbitrar pentru fiecare latură. Față de acest sens pozitiv se exprimă valorile curenților, ale forțelor electromotoare precum și căderile de tensiune din latură;

b) se formează matricea forțelor electromotoare din laturi și matricea impedanțelor laturilor:

$$[E] = \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \\ \vdots \\ E_m \end{bmatrix} \qquad [Z] = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} & \cdots & Z_{1m} \\ Z_{21} & Z_{22} & \cdots & Z_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ Z_{m1} & Z_{m2} & \cdots & Z_{mm} \end{bmatrix}$$

impedanțele mutuale (de cuplaj) se consideră cu semnul (+) dacă sensurile pozitive din cele două laturi cuplate sînt la fel orientate față de bornele de același nume, în caz contrar, se consideră semnul (−);

c) se calculează numărul b de curenți independenți $b = m - n + 1$; dacă se utilizează curenți de contur, se aleg apoi b contururi independente, alegîndu-se cîte un sens pozitiv arbitrar în fiecare din aceste contururi;

d) se exprimă curenții din laturi, pe baza primei legi a lui Kirchhoff, în funcție de curenții independenți aleși. Se stabilește matricea de conexiune $[C]$ definită de relația (9);

e) se calculează pe baza relațiilor (8) matricele $[E']$, $[Z']$;

f) se determină matricea $[Z']^{-1}$. Această matrice se poate calcula deoarece matricea $[Z']$ este totdeauna o matrice patrată; — ea are numărul de linii egal cu numărul de linii al matricei $[C]_t$ și numărul de coloane egal cu numărul de coloane al matricei $[C]$. Matricea patrată $[Z']$ are un număr de linii egal cu numărul de contururi independente din rețea;

g) se calculează matricea curenților de contur pe baza ecuației

$$[I'] = [Z']^{-1} \,.\, [E'] \tag{10}$$

h) se calculează matricea curenților din laturi pe baza celei de a doua ecuații din (9).

Ecuația matricială (7) exprimă relația dintre matricea curenților de contur, matricea forțelor electromotoare de contur, matricea impedanțelor

de contur și a impedanțelor mutuale. Ca urmare, sistemul de ecuații corespunzător acestei ecuații matriciale, se poate exprima direct folosind metoda curenților de contur.

Utilizarea ecuațiilor matriciale (7) și a metodei indicate are avantajul că uniformizează calculele și oferă în același timp o simbolizare mai simplă conducînd la o efectuare mai sistematică și mai ordonată a calculelor.

2. Interconectarea rețelelor. Pentru studiul rețelelor complexe (complicate) se poate utiliza metoda interconexiunii rețelelor propusă de Gabriel Kron. Vom arăta că metoda interconexiunii rețelelor, în formularea dată de autorul ei, nu este general valabilă, ea putîndu-se aplica numai în anumite condiții care le precizează prezenta lucrare.

Ideea de bază a acestei metode este înlocuirea calculului direct, referitor la rețeaua dată, printr-un calcul bazat pe efectuarea unor calcule mai simple referitoare la anumite rețele componente. Această metodă permite să se utilizeze o parte a rezultatelor obținute în studiul unor rețele simple și la studiul unor rețele mult mai complicate.

Fie o rețea complexă cu m laturi, n noduri și b contururi independente.

Folosim următoarele notații:

E_ν — forța electromotoare din conturul ν al rețelei complexe;
I_ν — curentul conturului ν al rețelei complexe;
$Z_{\nu\nu}$ — impedanța proprie a conturului ν;
$Z_{\mu\nu}$ — impedanța mutuală dintre contururile μ și ν.

Pentru fixarea ideilor considerăm rețeaua complexă reprezentată în schema (a) din fig. 1.

Ecuația matricială corespunzătoare curenților de contur se exprimă pentru o rețea complexă dată, astfel:

$$[E^*] = [Z^*]\,[I^*] \tag{11}$$

unde matricele f.e.m. de contur, a curenților de contur și matricea impedanțelor de contur proprii și mutuale au respectiv expresiile

$$[E^*] = \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \\ \vdots \\ E_b \end{bmatrix}, [I^*] = \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \vdots \\ I_b \end{bmatrix}$$

$$[Z^*] = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} & \cdots & Z_{1b} \\ Z_{21} & Z_{22} & \cdots & Z_{2b} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ Z_{b1} & Z_{b2} & \cdots & Z_{bb} \end{bmatrix} \tag{12}$$

În continuare vom arăta cum aceste matrici se pot exprima ușor în funcție de matricele corespunzătoare unor scheme componente de tipul I și II (schema b, fig. 1).

Pentru rețeaua componentă I, în metoda curenților de contur corespunde următoarea ecuație matricială:

$$[E'] = [Z']\,[I'] \tag{13}$$

unde:

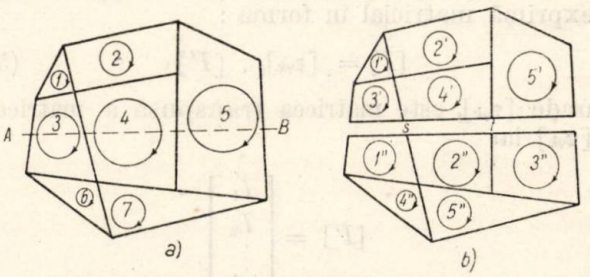


Fig. 1 Rețeaua dată și rețelele componente

$$[E'] = \begin{bmatrix} E_1' \\ E_2' \\ \vdots \\ E_b' \end{bmatrix}, [I'] = \begin{bmatrix} I_1' \\ I_2' \\ \vdots \\ I_b' \end{bmatrix}$$

$$[Z'] = \begin{bmatrix} Z_{1'1'} & Z_{1'2'} & \cdots & Z_{1'b'} \\ Z_{2'1'} & Z_{2'2'} & \cdots & Z_{2'b'} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ Z_{b'1'} & Z_{b'2'} & \cdots & Z_{b'b'} \end{bmatrix}$$

Pentru rețeaua componentă II corespund relațiile analoge:

$$[E''] = [Z'']\,[I''] \tag{14}$$

unde:

$$[E''] = \begin{bmatrix} E_{1''} \\ E_{2''} \\ \vdots \\ E_{b''} \end{bmatrix}, [I''] = \begin{bmatrix} I_{1''} \\ I_{2''} \\ \vdots \\ I_{b''} \end{bmatrix}$$

$$[Z''] = \begin{bmatrix} Z_{1''1''}Z_{1''2''} & \cdots & Z_{1''b''} \\ Z_{2''1''}Z_{2''2''} & \cdots & Z_{2''b''} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ Z_{b''1''}Z_{b''2''} & \cdots & Z_{b''b''} \end{bmatrix}$$

Se observă că dacă se „taie o rețea" (de exemplu așa cum se indică în schemă) descompunînd-o în mai multe rețele componente și se unesc toate „capetele" aparținînd unei rețele componente printr-un fir perfect conductor, fără impedanță și fără forță eletromotoare, fiecare din rețelele componente obținute conține un anumit număr de ochiuri ale căror elemente aparțineau respectiv și la un ochi al rețelei date. Se mai constată că forțele electromotoare de contur ale rețelei complexe date, sînt în acest caz, egale respectiv fie cu o forță electromotoare de contur aflată într-una din rețelele componente, fie cu suma a două forțe electromotoare de contur care fac parte respectiv din cele două rețele componente.

Rezultă că forțele electromotoare de contur corespunzătoare unui contur al rețelei complexe date, se pot exprima în funcție de forțele electromotoare de contur ale rețelelor componente, astfel:

$$E_k = \sum_{\nu'=1}^{b'} \varepsilon_{k\nu'} E_{\nu'} + \sum_{\nu''=1}^{b''} \varepsilon_{k\nu''} E_{\nu''} \quad (k=1,2,\ldots,b) \quad (15)$$

unde $\varepsilon_{k\nu}$ este egal cu ± 1 dacă elementele conturului ν sînt conținute în conturul k și este egal cu zero dacă nu sînt conținute.

Pentru a exprima în mod analog căderile de tensiune din contururile rețelei complexe date, folosim curenții $[I']$ și $[I'']$ atașați corespunzător contururilor rețelelor componente. Acești curenți nu au însă valorile curenților de contur din rețelele componente care verifică ecuațiile (13) și (14), ci au alte valori care dau pe elemente, aceleași căderi de tensiune ca și în rețeaua complexă dată. Cu alte cuvinte, noile valori $[I']$ și $[I'']$ corespund unor valori egale ale curenților din elementele rețelei complexe date și ale rețelelor componente; în acest fel se obține:

$$U_k = \sum_{\nu'=1}^{b'} \varepsilon_{k\nu'} U_{\nu'} + \sum_{\nu''=1}^{b''} \varepsilon_{k\nu''} U_{\nu''} \quad (k=1,2,\ldots,b) \cdot$$

Ecuațiile de forma:

$$E_k = U_k \quad (k=1,2,\ldots,b)$$

care exprimă a doua lege a lui Kirchhoff aplicată circuitului complex dat, se pot deci exprima matricial în forma

$$[\varepsilon_{k\nu'}][E'] + [\varepsilon_{k\nu''}][E''] = [\varepsilon_{k\nu'}][Z'][I'] + [\varepsilon_{k\nu''}][Z''][I''] \quad (16)$$

sau în forma:

$$\left|\begin{matrix}[\varepsilon_{k\nu'}] & [\varepsilon_{k\nu''}]\end{matrix}\right| \left|\begin{matrix}[E'] \\ [E'']\end{matrix}\right| = \left|\begin{matrix}[\varepsilon_{k\nu'}] & [\varepsilon_{k\nu''}]\end{matrix}\right| \left|\begin{matrix}[Z'] & \\ & [Z'']\end{matrix}\right| \cdot \left|\begin{matrix}[I'] \\ [I'']\end{matrix}\right| \quad (17)$$

Pe de altă parte se observă că, condiția de egalitate a curenților din elementele rețelei date și a curenților corespunzători din elementele rețelelor componente se poate exprima prin egalitatea curenților de contur corespunzători:

$$I_{\nu'} = \sum_{k=1}^{b} \varepsilon_{k\nu'} I_k^* \quad (\nu' = 1,2,\ldots,b')$$

$$I_{\nu''} = \sum_{k=1}^{b} \varepsilon_{k\nu''} I_k^* \quad (\nu'' = 1,2,\ldots,b'')$$

sau

$$\left|\begin{matrix}[I'] \\ [I'']\end{matrix}\right| = \left|\begin{matrix}[\varepsilon_{k\nu'}]_t \\ [\varepsilon_{k\nu''}]_t\end{matrix}\right| \cdot [I^*] \quad (18)$$

Notînd

$$[C] = \left|\begin{matrix}[\varepsilon_{k\nu'}]_t \\ [\varepsilon_{k\nu''}]_t\end{matrix}\right| \quad (19)$$

rezultă

$$[C]_t = \left|\begin{matrix}[\varepsilon_{k\nu'}] & [\varepsilon_{k\nu''}]\end{matrix}\right|$$

și deci ecuația matricială (17) se poate exprima astfel:

$$[E^*] = [Z^*][I^*] \quad (20)$$

unde:

$$[E^*] = [C]_t \cdot \left|\begin{matrix}[E'] \\ [E'']\end{matrix}\right|$$

$$[Z^*] = [C]_t \cdot \left|\begin{matrix}[Z'] & \\ & [Z'']\end{matrix}\right| \cdot [C] \quad (21)$$

iar matricea $[C]$ se poate determina cu ușurință din ecuația (18) exprimată în forma:

$$\left|\begin{matrix}[I'] \\ [I'']\end{matrix}\right| = [C]\ [I^*] \quad (22)$$

Procedînd analog ca în paragraful precedent se poate arăta că, ecuațiile (20), (21), (22) își păstrează aceeași formă în cazul cînd contururile independente nu se aleg sub forma de bucle alăturate sau cînd în loc de curenți de contur se consideră un sistem oarecare de curenți independenți.

În cele precedente s-a demonstrat că pentru a se putea obține ecuațiile de forma (20), (21) și (22) este suficient ca rețelele componente să se realizeze în modul indicat în schemă. (Mod caracterizat prin aceea că toate capetele obținute prin tăiere și aparținînd unei rețele componente sînt unite într-un singur nod). Acest mod de formare al rețelelor componente (sau de interconectare a lor) este și necesar. Într-adevăr, dacă două „capete" oarecare s și t (schema b din fig. 1) nu ar fi legate prin conductorul perfect st, rețeaua componentă I nu ar mai conține bucla independentă $4'$ a cărei forță electromotoare de contur este necesară pentru exprimarea forței electromotoare din conturul 4 al rețelei componente date (cunoașterea forțelor electromotoare de contur E_1', E_2', E_3', și E_5' nu permite cunoașterea forțelor din fiecare latură și, deci, nici a forței electromotoare corespunzătoare a unui contur oarecare din schema complexă dată).

În concluzie, la rezolvarea unei rețele complexe este util să se observe dacă prin „tăierea rețelei" și prin formarea unor rețele componente care să aibă fiecare unite într-un singur nod toate „capetele" obținute prin tăiere, se pot obține rețele componente ale căror ecuații matriciale se cunosc. Dacă se pot obține astfel de

rețele componente, studiate în prealabil, calculul rețelei complexe date se poate simplifica considerabil folosind ecuațiile (20), (21) și (22).

Avantajul principal al acestei metode de interconexiune este acela că permite folosirea

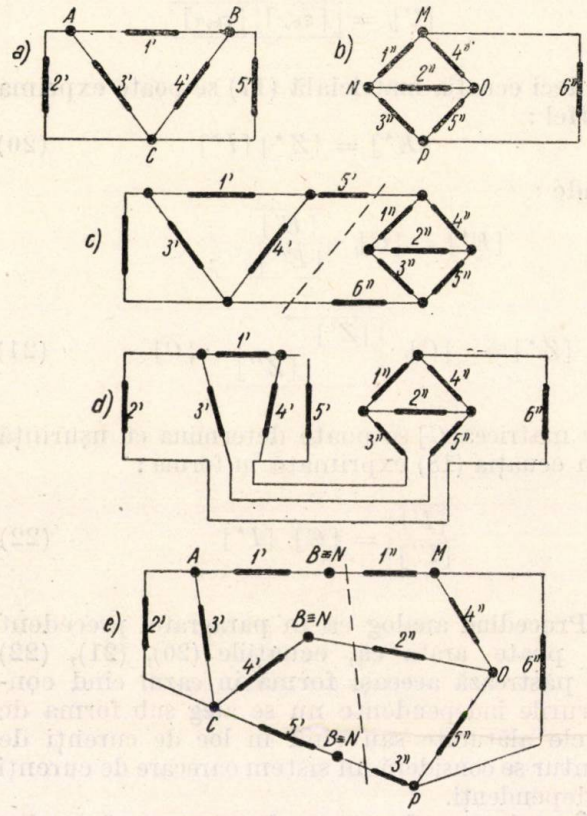


Fig. 2. Interconectarea rețelelor.

calculelor deja efectuate pentru rețele simple și în cazul calculului unei rețele mult mai complicate. Un al doilea avantaj al metodei este acela că ne conduce la o mecanizare a calculelor și implică o sistematizare a calculelor.

În fig. 2 se indică, ca exemplu, trei din modurile de interconectare a rețelelor *1,2* și care satisfac condiția stabilită de interconectare. Determinarea curenților din rețelele complexe obținute prin interconectare (fig. *2, c, d, e*) poate fi făcută conform ecuațiilor (20), (21), (22) folosind matricele $[E']$, $[Z']$ respectiv $[E'']$, $[Z'']$ ale rețelelor componente *1,2*.

Concluzii

Ecuațiile matriciale fundamentale (7) și (8), propuse de Gabriel Kron în tratarea matricială a unei rețele statice, considerată ca un ansamblu de ochiuri, sînt un rezultat imediat al legilor lui Kirchhoff.

Deducerea ecuațiilor matriciale, pe baza legilor lui Kirchhoff, scoate în evidență că pentru calculul matricelor $[E]$ și $[Z]$ se poate folosi matricea forțelor electromotoare $[E]$ și matricea impedanțelor $[Z]$ aparținînd rețelei primitive și care sînt aceleași cu cele ale rețelei date. Folosirea rețelei primitive poate fi considerată ca utilă pentru o stabilire mai comodă și mai sistematică a matricelor $[E]$ și $[Z]$.

Această interpretare este motivată prin aceea că G. Kron, evident, nu propune utilizarea rețelei primitive pentru determinarea matricei curenților $[I]$ din rețeaua primitivă pe baza ecuației:

$$[E] = [Z]\ [I]\cdot$$

În esență, metoda interconectării rețelelor se bazează pe utilizarea matricelor f.e.m. și a impedanțelor unor „rețele componente" avînd fiecare mai puține elemente (și ochiuri) decît rețeaua dată. Aceasta este posibil numai dacă f.e.m. de contur ale rețelei date, pot fi exprimate în funcție de f.e.m. de contur ale rețelelor componente considerate. Pentru o rețea oarecare, aceasta are loc numai dacă ochiurile alăturate ale rețelelor componente sînt stabilite așa cum s-a indicat în prezenta lucrare.

Acest rezultat este în concordanță cu concluzia anterioară a Cand. st. tehnice Al. Fransua în ceea ce privește posibilitatea apariției erorilor în anumite cazuri de interconectare a rețelelor (în care nu se ține seama de condiția necesară și suficientă, de realizarea ochiurilor în felul indicat în prezenta lucrare).

Introducerea unor tensiuni între „capetele" obținute prin tăiere, este evident echivalentă cu introducerea unor forțe electromotoare corespunzătoare între acele „capete". Această complicație a schemelor nu este necesară deoarece Kron nu propune calculul curenților în funcție de valorile curenților din rețelele componente.

Dacă s-ar propune acest lucru nu s-ar mai indica ecuațiile (20) și (21), ci s-ar indica pentru a fi folosită numai ecuația (22).

Comunicării făcute de Cand. șt. tehnice Al. Fransua îi revine meritul de a fi indicat existența acestor erori și de a fi indicat o cale posibilă de evitare a acestora. Lucrarea de față constituie numai o încercare de completare a acelei comunicări, prin indicarea unei soluții mai simple și mai apropiată de calea indicată de autorul metodei, G. Kron.

Bibliografie

[1] *Antoniu I. S.*: Introducere în aplicarea calculului matricial în studiul circuitelor electrice Ed. tura Acad. R.P.R. 1953.
[2] *Antoniu I. S.*: Chestiuni speciale de electrotehnică Ed. tura Acad. R.P.R. 1956.
[3] *Kron G.*: Tensor analysis of networks New-York 1939.
[4] *Frausua Al.*: Studii și cercetări de Energetică 4 (1956).

Imaginea cîmpului electric în jurul izolatoarelor suport de interior indigene de 6, 10, 20, 35 kV şi comportarea lor la unde de impuls de tensiune

CH. POPESCU şi FL. TĂNĂSESCU — Bucureşti*)

In construcţia izolatoarelor de înaltă tensiune forma joacă un rol important, deoarece ea trebuie să urmărească liniile cîmpului electric Cercetările experimentale efectuate de autori şi prezentate în lucrare, care dau liniile de cîmp şi constată în acelaşi timp şi rigiditatea electrică sînt binevenite pentru că permit să se descopere punctele slabe ale izolatoarelor şi să se corecteze în mod corespunzător forma lor.

CZ 621.315.623.4 :537.212

Coordonarea izolaţiei şi comportarea acesteia în instalaţiile de înaltă tensiune pune probleme din ce în ce mai dificile tehnicii actuale dat fiind că se urmăreşte o funcţionare neîntreruptă a instalaţiilor electrice. De aceea se pune un deosebit accent pe încercarea izolaţiei tuturor instalaţiilor în condiţii cît mai apropiate de cele din timpul exploatării lor.

Un rol important în asigurarea funcţionării neîntrerupte a instalaţilor de transport şi distribuţie îl joacă izolatoarele suport.

În anul 1956 s-au efectuat la ICPET cercetări asupra izolatoarelor suport indigene în vederea obţinerii de noi tipuri de izolatoare, mai economice.

Se trec în revistă metodele cunoscute pînă în prezent în literatură, se arată pe scurt metodele de cercetare utilizate la ICPET, precum şi rezultatele obţinute pentru determinarea repartiţiei potenţialelor pe suprafaţa izolatoarelor suport de 6, 10, 20 şi 35 kV prin determinarea imaginii cîmpului în jurul izolatoarelor şi pentru încercarea la impuls de tensiune a izolatoarelor suport de 6,10, 20 şi 35 kV.

1. Determinarea imaginii cîmpului electric în jurul izolatoarelor

Metodele experimentale utilizate pînă în prezent pentru determinarea imaginii cîmpului electric în jurul izolatoarelor se împart după natura lor în două mari grupe : metode calitative şi metode cantitative.

1.1. **Metodele calitative** sînt acelea cu ajutorul cărora se obţin direcţiile cîmpului electric în jurul izolatoarelor. Printre ele se enumeră : metoda paiului, metoda fotografică şi metoda băii electrolitice.

Metoda paiului este cea mai cunoscută şi mai întrebuinţată [1]. Un pai de 1—2 cm lungime, cu mişcare liberă pe un ax metalic care trece prin centrul său de greutate, este plimbat în jurul izolatorului într-un plan vertical care trece prin axul său. Paiul se orientează după direcţia cîmpului din fiecare punct al planului. Imaginea sa este proiectată pe un ecran pe care este trasată şi proiecţia conturului izolatorului. Se ridică un număr mare de puncte şi astfel se pot trasa liniile de forţă. Liniile echipotenţiale se obţin trasîndu-se ortogonal pe liniile de forţă [2].

Metoda fotografică [1]. Dacă se aplică izolatorului o tensiune de impuls de foarte mică durată (1—2 μs) şi de valoare superioară tensiunii de conturnare, în jurul lui apar efluvii sub formă de fire luminoase ce se orientează în lungul liniilor de cîmp. Deoarece durata de aplicare a impulsului de tensiune este mai mică decît întîrzierea la conturnarea izolatorului, nu se produc scîntei de conturnare. Efluviile se fotografiază şi se obţine astfel imaginea cîmpului în jurul izolatorului chiar înainte de conturnarea care ar urma să se producă dacă fenomenul ar dura mai mult. Metoda fotografică prezintă, deci, avantajul faţă de metoda paiului, la care tensiunea aplicată izolatorului nu poate să depăşească 50—80% din tensiunea de conturnare [3], că dă posibilitatea să se obţină imaginea cîmpului chiar în vecinătatea conturnării, avînd însă dezavantajul că cere un utilaj mai pretenţios.

Metoda băii electrolitice [4]. Într-o baie cu pereţii transparenţi se introduce un electrolit alcătuit dintr-o soluţie de 85% tetraclorură de carbon (CCl_4) plus 15% benzen şi firişoare mici de mătase ce stau în suspensie în poziţie indiferentă în electrolit atît timp cît nu se aplică tensiune izolatorului aflat în baie. În momentul în care între cei doi electrozi ai izolatorului există o diferenţă de potenţial, echilibrul dintre presiunea electrolitului şi firişoare se strică şi acestea se orientează după traseul liniilor de forţă. Cu dispozitive adaptate se poate chiar fotografia imaginea cîmpului. Metoda dă rezultate bune în aprecierea calitativă a fenomenului de repartiţie a cîmpului.

Utilizînd metodele calitative nu se pot obţine direct valori de potenţiale pentru fiecare punct de pe linia de contur a izolatoarelor, ci o dată traseul liniilor de forţă obţinut se apelează la metode grafice.

1.2. **Metodele cantitative** sînt acelea care permit să se măsoare diferenţele de potenţial dintre fiecare punct considerat în jurul izolatorului şi electrodul pus la pămînt al izolatorului. Plimbînd o sondă metalică în jurul izolatorului, acesta va lua potenţialul fiecărui punct

*) Ing. Ch. Popescu este cercetător principal la I.C.P.E.T. Ing. Fl. Tănăsescu este cercetător la I.C.P.E.T.

în parte. Dacă prin introducerea sondei în cîmpul izolatorului, nu se modifică repartiția tensiunii, se poate considera că măsurînd diferența de potențial dintre sondă și pămînt se măsoară diferența de potențial dintre punctul în care se află sonda și electrodul pus la pămînt al izolatorului. Condiția impusă sondei de a nu

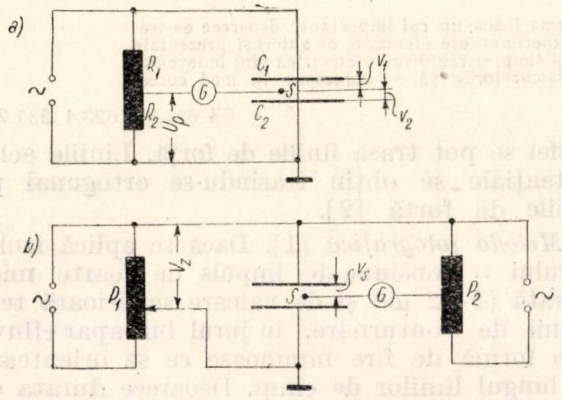


Fig. 1. Montajul pentru sondajul cîmpului electric
a) — principiul metodei de zero; *b*) — principiul metodelor de compensare.

modifica repartiția potențialelor, este satisfăcută dacă sonda este o sferă cu diametrul 5—10 mm, această dimensiune a sondei convine și în ceea ce privește comoditatea în manipulare [1].

Diferența de potențial dintre sondă și pămînt nu se măsoară direct ci se compară, cu ajutorul unui aparat de zero, cu tensiunea la bornele de ieșire ale unui aparat de reglaj al tensiunii (potențiometre, rezistențe solide sau lichide, rezistențe cu ploturi, capacități variabile, transformatoare, regulatoare de tensiune). În unele metode tensiunea la bornele de intrare ale aparatului de reglaj al tensiunii este aceeași cu tensiunea care creează cîmpul în jurul izolatorului, în alte metode cele două tensiuni sînt diferite. Primele se numesc metode de zero, celelalte se numesc metode de compensație [1] [5].

Metoda de zero utilizează o punte pentru măsurarea capacităților adaptată la înaltă tensiune (fig. 1,*a*). Izolatorul este reprezentat schematic prin armăturile unui condensator. Sonda, de formă sferică, este legată la un indicator de zero de impedanță mare și în legătură galvanică cu cursorul potențiometrului P.

Suprafața echipotențială ce trece prin S (fig. 1*a*) împarte cîmpul în două părți de capacitate C_1 și C_2. Variind poziția cursorului potențiometrului se echilibrează tensiunea V_2 a sondei cu tensiunea U_P a potențiometrului și atunci se poate scrie [6] :

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{V_2}{V_1}.$$

Ca aparat de zero se poate utiliza și un eclator legat în serie cu sonda [6] [7], sau o lampă cu neon [7]. În acest caz se poate considera că tensiunile U_P și V_2 sînt egale în momentul în care nu se mai sezisează scîntei la eclator sau cînd lampa cu neon se stinge.

Metodele de compensație sînt bazate pe un dispozitiv analog cu cel al metodelor de zero, cu deosebire că tensiunea ce se aplică la electrozii izolatorului este diferită de tensiunea care compensează potențialul sondei (fig. 1, *b*).

Tensiunea care creează cîmpul din jurul izolatorului este reglată de potențiometrul P_1, iar potențialul sondei V_s este compensat cu ajutorul tensiunii dată de potențiometrul P_2. Echilibrul sistemului este pus în evidență de un indicator de zero conectat la cursorul potențiometrului P_2 și la un punct al izolatorului al cărui cîmp se studiază.

Metodele de compensație diferă între ele după natura instrumentului de zero și după modul în care se face compensarea potențialului sondei. În cele ce urmează se vor descrie, pe scurt, cîteva din metodele de compensare mai utilizate.

Metoda cu lampă cu neon [7] utilizează ca instrument de zero o lampă cu neon. Principiul metodei se vede în fig. 2,*a*. Tensiunea de alimentare a transformatorului se reglează cu ajutorul potențiometrului pînă se compensează diferența de potențial dintre punctul în care se află lampa cu neon și pămînt, fenomen pus în evidență de stingerea lămpii cu neon. În primarul transformatorului se prevede un condensator C, necesar pentru a corecta eventualul decalaj între tensiunile celor două surse.

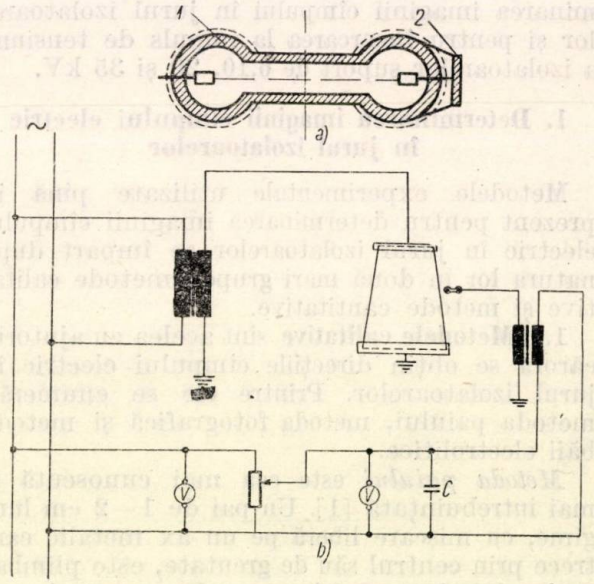


Fig. 2. Principiul metodei cu lampa cu neon
a — lampa cu neon: *1* — strat de grafit protejat cu lac; *2* — rondela de contact; *b* — metoda de compensare folosind lampa cu neon.

Lampa de o construcție specială (fig. 2*a*.) are un electrod pus în contact cu o plăcuță metalică *2* ce servește ca suprafață de contact și se așază în diferite puncte ale izolatorului.

Metode cu montaje electronice. În cazul cînd variațiile de tensiune pe care le primește sonda sînt mici ele se amplifică cu ajutorul unor montaje electronice [1] [6] [8] [9] [10].

Un astfel de montaj este arătat, pentru exemplificare, în fig. 3. Aceeași sursă de energie

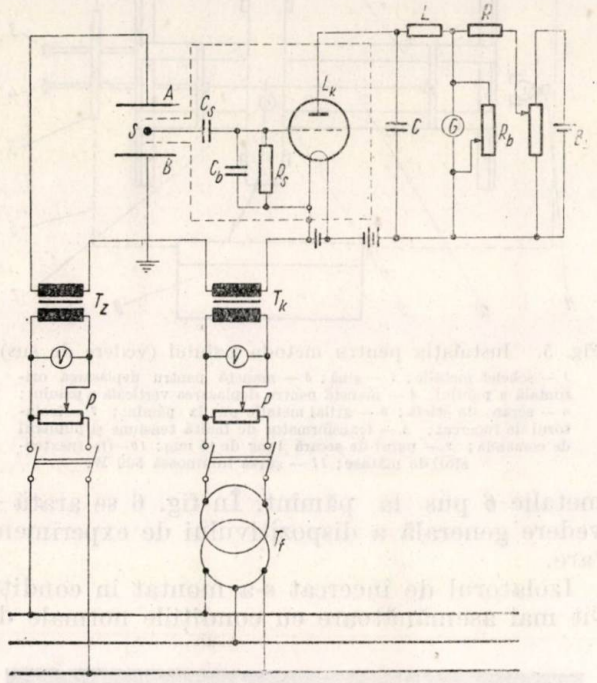


Fig. 3. Metoda de compensare folosind un montaj electronic.

alimentează două transformatoare de T_z și T_k, unul pentru crearea cîmpului, iar celălalt pentru tensiunea de compensare. Transformatoarele pot fi de același tip, iar tensiunea lor poate fi reglată cu ajutorul unor potențiometre P. Faza tensiunii se reglează cu ajutorul unui decalator de fază T_f. Rostul acestuia este de a permite compensarea tensiunilor și ca fază, mai ales atunci cînd tensiunea care dă cîmpul devine apropiată tensiunii de conturnare a izolatorului și apar efluvii. Prin acest fenomen apare un defazaj între cele două tensiuni de compensare și de compensat, defazaj ce nu poate fi anulat decît de un regulator de fază. Diferențele mici dintre tensiunea compensatoare și cea de compensat sînt amplificate de o triodă. Catoda triodei este legată la dispozitivul care compensează și la ecranul electrostatic E, iar grila este legată la sondă prin intermediul unui condensator de blocaj C_s. Un galvanometru este introdus în circuitul anodic al tubului. Cu ajutorul rezistenței R_s legată între grilă și catodă se fixează potențialul grilei la o valoare care dă o funcționare normală a tubului. Sensibilitatea se variază cu ajutorul unui condensator C_b, montat între sondă și catod și de impedanță mai mică ca a rezistenței R_s.

Condensatorul C_s transmite pe grila tubului variațiile de tensiune captate de sondă. Pentru reglarea sensibilității galvanometrului se introduce șuntul R_b. În privința preciziei măsurătorilor se scontează să se obțină erori mici: 1% în cazul unei compensări complete, 2—4% atunci cînd nu se obține la galvanometru chiar poziția de echilibru [1].

Metoda de compensare automată [8]. Deși dintre metodele de compensare descrise mai sus cea mai exactă este metoda care utilizează montaje electronice și această metodă are sursa ei de erori. Într-adevăr, dacă se urcă tensiunea între cei doi electrozi ai izolatorului la o valoare foarte apropiată de cea de conturnare, efluviile care apar provoacă o deformare a curbei de tensiune aplicată.

Ca urmare a acestui fapt curbele celor două tensiuni care se compară nu sînt identice și deci cu metoda de compensare descrisă anterior nu se poate obține concordanță decît între valorile eficace și fazele lor. Pentru a se obține concordanță între valorile instantanee ale celor două tensiuni se utilizează metoda de compensare automată a cărei schemă de principiu se vede în fig. 4. În această metodă sursa care creează cîmpul în jurul izolatorului este dată de transformatorul T, iar sursa de tensiune care compensează este dată de o triodă alimentată de același transformator sau de un altul. Sonda este legată la grila amplificatorului. In circuitul anodic se găsește un reostat neinductiv R_a și o baterie de acumulatoare B_k.

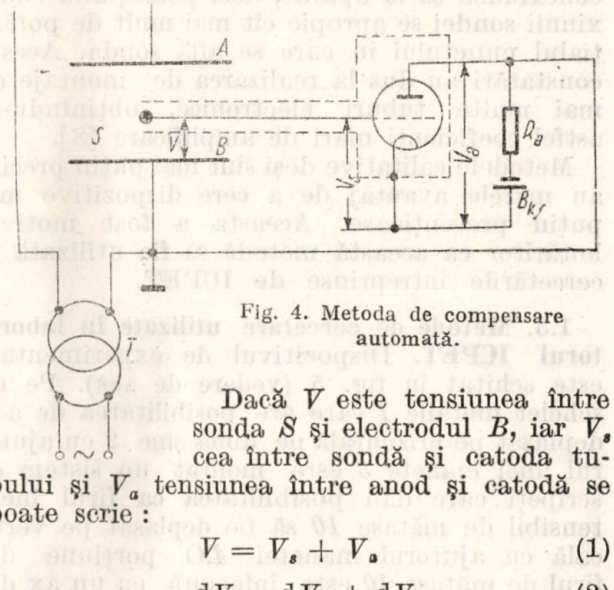


Fig. 4. Metoda de compensare automată.

Dacă V este tensiunea între sonda S și electrodul B, iar V_s cea între sondă și catoda tubului și V_a tensiunea între anod și catodă se poate scrie:

$$V = V_s + V_a \qquad (1)$$

$$\mathrm{d}V = \mathrm{d}V_s + \mathrm{d}V_a \qquad (2)$$

Pe partea rectilinie a caracteristicii tubului cu 3 electrozi, avem:

$$\mathrm{d}V_a = \frac{\mu R_a}{R_a + R_i}\,\mathrm{d}V_s = k\,\mathrm{d}V_s \qquad (3)$$

în care R_i este rezistența internă a tubului; $k = \frac{\mu R_a}{R_a + R_i}$ coeficientul de amplificare. În-

locuind în (2) valoarea lui dV_s din (3) găsim:

$$dV = dV_a + \frac{dV_a}{K} = \left(1 + \frac{1}{K}\right) dV_a . \quad (4)$$

În cazul cînd coeficientul de amplificare al tubului are o valoare mare, $\frac{1}{K}$ are o valoare tinzînd spre zero şi relaţia (4) devine:

$$dV = dV_a \quad (4')$$

adică variaţiile de tensiune anodice răspund variaţiilor tensiunii sondei. Dacă se conectează un voltmetru electrostatic la bornele lui R_a gradat, se măsoară valoarea eficace a tensiunii, iar cu ajutorul unui oscilograf montat în circuitul anodic se ridică variaţia acestei tensiuni în timp.

Pentru a obţine în orice moment tensiunile de compensat şi cea compensatoare egale trebuie ca după cum s-a arătat mai înainte (relaţia 4') — coeficientul de amplificare să fie cît mai mare. Acest lucru este necesar şi datorită faptului că un coeficient mare de amplificare înseamnă o impedanţă mare, iar necesitatea unei mari impedanţe este justificată de faptul că se micşorează astfel cît mai mult curenţii capacitivi şi efluviile dintre sondă şi conexiunea sa la aparat, deci potenţialul conexiunii sondei se apropie cît mai mult de potenţialul punctului în care se află sonda. Aceste constatări au dus la realizarea de montaje cu mai multe tuburi electronice, obţinîndu-se astfel coeficienţi mari de amplificare [8].

Metodele calitative deşi sînt mai puţin precise au marele avantaj de a cere dispozitive mai puţin pretenţioase. Aceasta a fost motivul hotărîtor ca această metodă să fie utilizată în cercetările întreprinse de ICPET.

1.3. Metode de cercetare utilizate în laboratorul ICPET. Dispozitivul de experimentare este schiţat în fig. 5 (vedere de sus). Pe un schelet metalic *1* care are posibilitatea de a fi deplasat pe orizontală pe două şine *2* cu ajutorul unei manete *3* este montat un sistem de scripeţi care dau posibilitatea ca firul inextensibil de mătase *10* să fie deplasat pe verticală cu ajutorul manetei *4*.O porţiune din firul de mătase *10* este înlocuită cu un ax din sîrmă de cupru emailat-de 0,55 mm diametru şi 20 mm lungime. Paiul de secară *9* de 1 mm lăţime şi 15 mm lungime, se roteşte liber pe axul de sîrmă. Gaura din pai s-a făcut prin ardere în centrul de greutate al său. Tensiunea care se aplică izolatorului de încercat *7* este furnizată de un pupitru pentru încercat uleiul de transformator tip Siemens *8*. Imaginea paiului ca şi a izolatorului este proiectată de un reflector *11* de 500 W, pe un ecran de sticlă *5* pe care se lipeşte o foaie de calc. Tot spaţiul de înaltă tensiunea este înconjurat de un grilaj

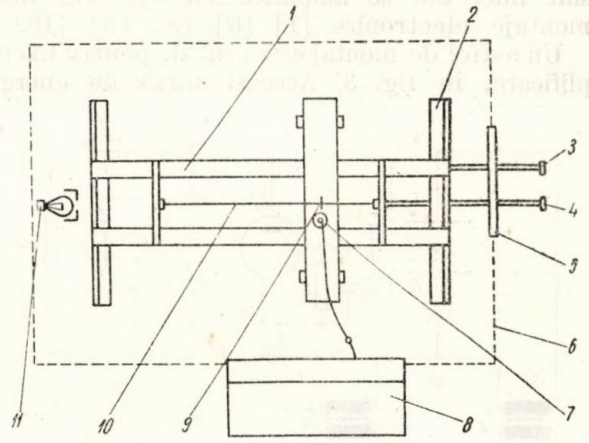


Fig. 5. Instalaţia pentru metoda paiului (vedere de sus): *1* — schelet metalic; *2* — şină; *3* — manetă pentru deplasarea orizontală a paiului; *4* — manetă pentru deplasarea verticală a paiului; *5* — ecran de sticlă; *6* — grilaj metalic pus la pămînt; *7* — izolatorul de încercat; *8* — transformator de înaltă tensiune şi pupitrul de comandă; *9* — paiul de secară lung de 15 mm; *10* — fir inextensibil de mătase; *11* — sursă luminoasă 500 W.

metalic *6* pus la pămînt. În fig. 6 se arată o vedere generală a dispozitivului de experimentare.

Izolatorul de încercat s-a montat în condiţii cît mai asemănătoare cu condiţiile normale de

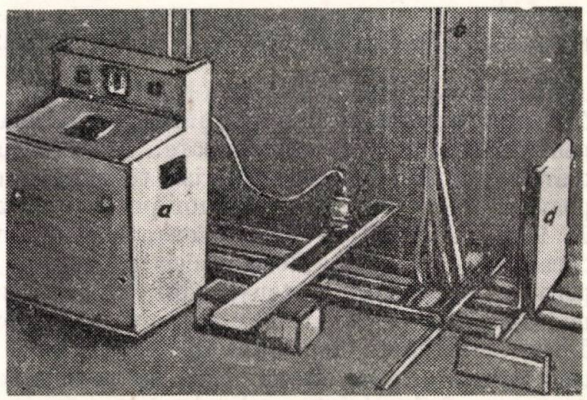


Fig. 6. Metoda paiului. Vederea generală a dispozitivului de experimentare: *a* — sursă de înaltă tensiune; *b* — dispozitivul de conducere a paiului; *c* — izolator SB 20 montat pentru experimentare; *d* — ecran.

exploatare, şi anume s-au montat flanşa şi capa, iar izolatorul a fost aşezat pe o placă metalică pusă la pămînt. Tensiunea aplicată între capa şi flanşa pusă la pămînt a fost de 27 kV (tensiunea maximă dată de sursa disponibilă), pentru toate izolatoarele încercate, deci după cum se vede din tabela 1, sub 80% din tensiunea de conturnare a oricărui izolator.

În tot timpul experienţei s-a controlat ca paiul să fie în permanenţă într-un plan ce trece prin axul izolatorului şi care este paralel cu planul de desen (ecranul de sticlă *5*). De asemenea, s-a controlat ca axul paiului (firul *10*) să fie perpendicular pe planul de desen.

Tabela 1

Tensiunile aplicate pentru determinarea imaginii cîmpului

Tipul izolatorului cf. STAS 1785—50	Tensiunea de conturnare în aer uscat U_c kV*)	Tensiunea aplicată U_a kV	$\frac{U_a}{U_c} 100$ %
S B 6	36	27	75
S A 10	46	27	58
S B 20	70	27	39
S B 35	107	27	25

*) Tensiunile de conturare în aer uscat au fost extrase din prospectul pentru izolatoare suport nr. 9104 editat de MEEIE.

Trasarea liniilor echipotenţiale [9] s-a făcut grafic urmărindu-se împărţirea cîmpului din jurul izolatorului într-o serie de volume elementare delimitate prin linii echipotenţiale şi linii de forţă astfel ca rezistenţele lor dielectrice să aibă aceeaşi valoare.

Dacă se notează cu ΔU diferenţa de tensiune între două suprafeţe echipotenţiale şi cu q fluxul care străbate fiecare tub, rezistenţa dielectrică a tubului este :

$$W = \frac{\Delta U}{q}$$

şi deci condiţia impusă construcţiei grafice este :

$$\frac{\Delta U}{q} = \text{const.} \qquad (5)$$

Dacă se notează cu f secţiunea tubului, cu l lungimea lui (distanţa dintre două suprafeţe echipotenţiale), cu E cîmpul electric, cu D inducţia electrică şi cu ε constanta dielectrică a mediului din jurul izolatorului, se poate scrie :

$$\Delta U = \int_{U_1}^{U_2} E \, dl = \int_{U_1}^{U_2} \frac{D}{\varepsilon_0 \varepsilon} dl \qquad (6)$$

în care : $\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi 9 \cdot 10^9}$ în sistem MKS raţionalizat [11].

Dacă se ţine seamă că $D = \frac{q}{f}$ şi se înlocuieşte q în coulombi, f în cm² şi l în cm, expresia (6) devine :

$$\Delta U = \left[\frac{1}{\varepsilon \beta_0} \int_{U_1}^{U_2} \frac{dl}{f} \right] q \ (V) \qquad (7)$$

în care : $\beta_0 = \varepsilon_0 \frac{10^2}{10^4} = 0{,}0884 \cdot 10^{-12}$.

În cazul în care se face împărţirea spaţiului din jurul izolatorului în tuburi suficient de mici încît să se poată socoti pentru secţiunea tubului o valoare medie f, expresia (7) devine :

$$\frac{\Delta U}{q} = W = \frac{1}{\varepsilon 0{,}0884 \cdot 10^{-12}} \frac{1}{f} \ (V/C). \qquad (8)$$

În cazul izolatoarelor, tuburile de forţă sînt corpuri de revoluţie, avînd ca axă, axa izolatoarelor. În acest caz, cu notaţiile din fig. 6 se poate scrie :

$$f = 2\pi r b$$

şi deci expresia (5) ţinînd seama de expresia (8) devine :

$$\frac{\Delta U}{q} = W = \frac{10^{12}}{\varepsilon \, 0{,}0884} \frac{1}{2\pi r b} = \text{const.}$$

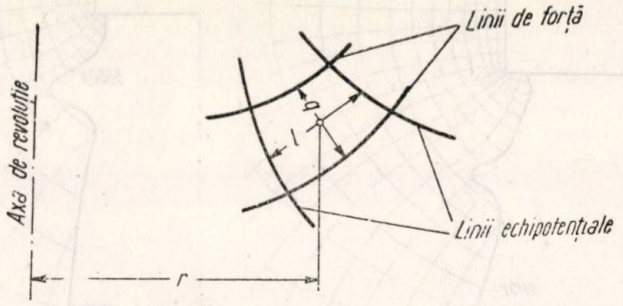


Fig. 7. Trasarea liniilor echipotenţiale.

Introducînd coeficienţii în constantă, obţinem condiţia ce se impune construirii grafice a echipotenţialelor, şi anume :

$$\frac{1}{\varepsilon r b} = \text{const.} \qquad (9)$$

Rezultatele obţinute. În fig. 8 *a*, *b*, *c* şi *d* se arată imaginea cîmpului în jurul izolatoarelor *SB6*, *SA 10*, *SB 20*, *SB 35* în care s-au indicat şi repartiţia tensiunii pe suprafaţa izolatoarelor, în cazul tensiunii nominale a fiecăruia în parte.

În diagramele din fig. 9 s-au trasat variaţiile tensiunii pe suprafaţa izolatoarelor (în procente din tensiunea nominală) în funcţie de distanţa de la flanşă la punctul respectiv în procente din distanţa dintre flanşă şi capă.

2. Încercarea izolatoarelor la impuls de tensiune

Încercarea la impuls de tensiune a izolatoarelor se face cu ajutorul generatorului de impuls de tensiune cu undă standardizată de 1,5/40 μs (normele sovietice [7] şi americane [12]) sau de 1/50 μs (normele CEI şi europene [12], [13]).

Pentru ca încercarea să se facă corect trebuie ca în jurul izolatoarelor să se creeze un cîmp cît mai apropiat de cel care apare în timpul exploatării lui. De aceea în timpul încercării izolatorul trebuie să fie astfel montat încît între el şi toate obiectele puse la pămînt precum şi faţă de pereţi să fie o distanţă mai mare decît triplul distanţei de conturnare şi în nici un caz sub 2 m. De asemenea, izolatoarele de încercat trebuie să fie montate cu armături şi dispozitive de fixare cît mai aproape de condiţiile lor de exploatare, iar suprafaţa lor să fie bine curăţată de praf şi murdărie [7].

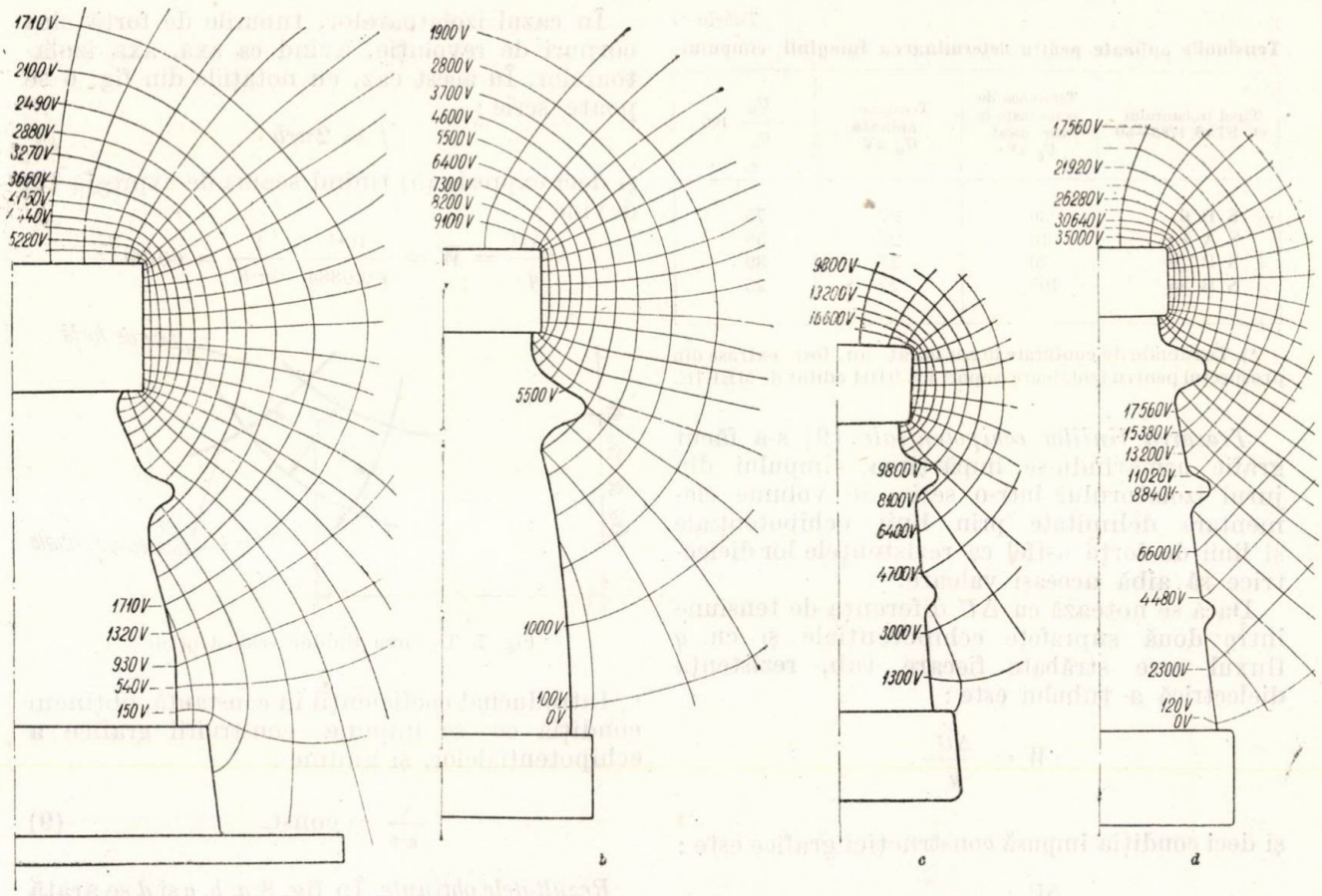


Fig. 8. Spectrul cîmpului electric la izolatoare indigene

a — imaginea cîmpului la izolatorul tip SB 6; *b* — imaginea cîmpului la izolatorul tip SA 10; *c*—imaginea cîmpului la izolatorul tip SB 20; *d* — imaginea cîmpului la izolatorul tip SB 35.

Deoarece încercarea izolatoarelor se face în diverse condiţii de temperatură, presiune şi umiditate, se reduc toate valorile obţinute pentru diversele tensiuni de încercare la condiţiile standardizate $p = 760$ mm col. Hg. $t = 20°C$ şi umiditatea absolută a aerului $= 11$ g/m³ [1] [12] şi se obţin astfel rezultate ce se pot compara.

Dacă se notează cu U_n tensiunea corespunzătoare condiţiilor standard şi cu U_{inc} tensiunea corespunzătoare condiţiilor din timpul încercării, corecţia se face cu relaţia:

$$U_n = U_{inc}\left(1 + \frac{1-\delta}{\delta}\cdot k\right) \text{[7]} \qquad (10)$$

în care k este un coeficient care afectează corecţia în funcţie de durata conturnării şi este dat în tabela 2,

Tabela 2

Valorile coeficientului de corecţie k

Timpul, de conturnare μs	1	2	4	6	8 şi mai mult
k	0,3	0,5	0,8	0,9	1

iar $$\delta = \frac{(273+20)\,p}{(273+t)\,760}. \qquad (11)$$

Încercarea la impuls de tensiune a izolatoarelor este privită sub două aspecte. Dacă această încercare este destinată ca să dea indicaţii asupra comportării izolatoarelor în raport cu locul pe care îl ocupă în cadrul unei instalaţii complexe din punctul de vedere al coordonării izolaţiei, atunci tensiunea de impuls aplicată are o valoare de vîrf prescrisă pe care trebuie s-o suporte izolatorul fără să prezinte vreo conturnare sau străpungere. Încercarea la această tensiune prescrisă este preconizată de Comisia Electrotehnică Internaţională (CEI), în directivele sale pentru coordonarea izolaţiilor [13]. Valorile tensiunii prescrise sînt date în tabela 3.

Dacă această încercare este destinată şi pentru a ne da seama dacă izolatorul este realizat economic i se determină tensiunea limită de conturnare la impuls de tensiune. Tensiunea limită de conturnare la impuls de tensiune se determină ca egală cu tensiunea 50% de amorsare la impuls (conturnările au loc pentru 50% din undele aplicate pe izolatoare), atît la unde pozitive cît şi la unde negative.

Din încercările făcute în străinătate pe un număr mare de diverse tipuri de izolatoare a

rezultat că pentru toate tipurile studiate tensiunea de 50% de conturnare la impuls este mai mare în cazul undelor negative decît în cazul undelor pozitive, iar diferenţa procentuală maximă dintre valorile tensiunii de conturnare la undă pozitivă şi negativă nu trebuie să depăşească 40% [14].

Încercările efectuate. Încercarea la undă de impuls a izolatoarelor s-a făcut avînd ca sursă de tensiune generatorul de impuls de tensiune de 400 kV, cu undă normalizată 1/50 μs, construit şi existent la ICPET [15].

În fig. 10 se poate vedea forma undei cu care s-au încercat izolatoarele. În fig. 10, *a* se vede oscilograma undei făcută cu o frecvenţă de referinţă de 1 MHz pentru a se putea distinge frontul. Iar în fig. 10, *b* se vede oscilograma undei făcută cu o frecvenţă de 200 kHz pentru a se putea observa coada undei. În fig. 10, *c*

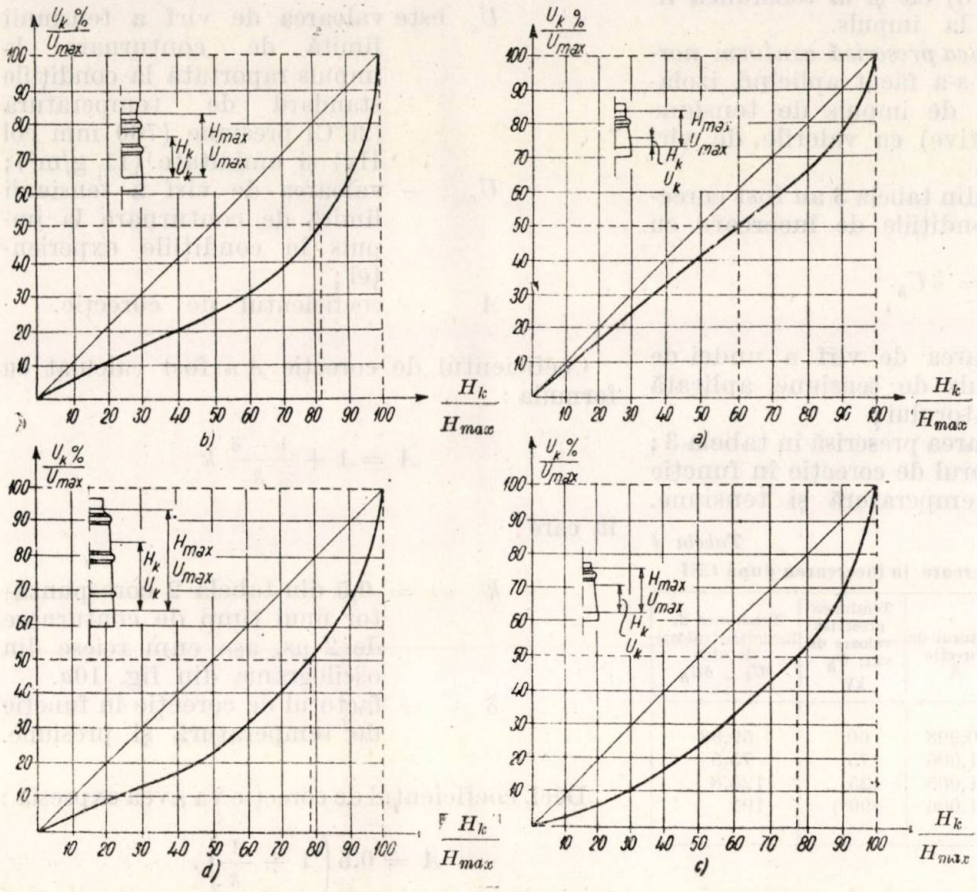


Fig. 9. Variaţia tensiunii în funcţie de distanţa de la soclu în procente: $\frac{U_k}{U_{max}}\% = f\left(\frac{H_k}{H_{max}}\right)$:
a — pentru izolatorul SB 6;
b — pentru izolatorul SA 10;
c — pentru izolatorul SB 20;
d — pentru izolatorul SB 35.

Tabela 3

Tensiunea prescrisă pentru materialul posturilor

Tensiunea maximă de serviciu U_m (valoare eficace) kV	Tensiunea prescrisă la impuls U_h (valoarea de vîrf)	
	Izolaţie plină kV	Izolaţia redusă kV
3,6	45	—
(7,2)	(60)	—
12	75	—
(17,5)	(95)	—
24	125	—
36	170	—
52	250	—
72,5	325	—
123	550	450
170	750	650
245	1 050	900
(300)	—	(1 050)
420	—	1 425

Notă: Izolaţia redusă nu trebuie să fie prevăzută decît dacă neutrul reţelei pus este efectiv la pămînt. Valorile între paranteze () trebuie să fie evitate pe cît posibil.

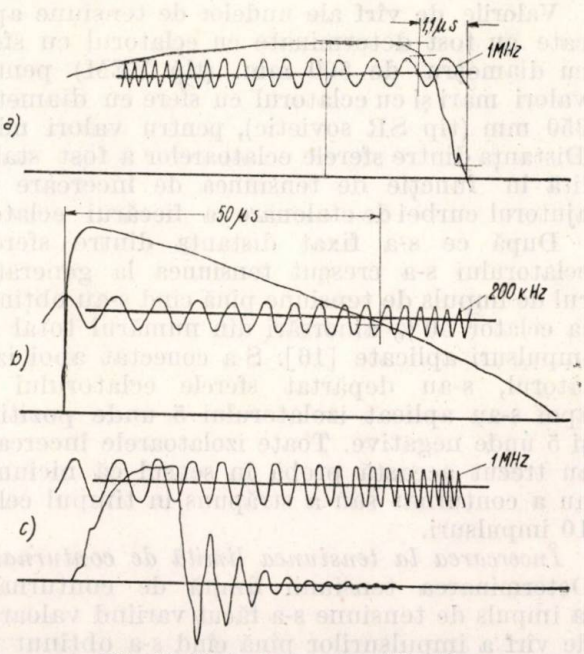


Fig. 10. Unda de impuls utilizată:
a — frontul undei; *b* — spatele undei; *c* — unda de impuls tăiată de izolatorul ce a conturnat.

se poate vedea oscilograma undei tăiată de izolator în momentul conturnării lui, frecvenţa de referinţă fiind 1 MHz.

Încercarea izolatoarelor la unde de impuls s-a făcut atît la tensiunea prescrisă de normele CEI (conform tabelei 3) cît şi la tensiunea limită de conturnare la impuls.

Încercarea la tensiunea prescrisă conform normelor CEI (tabela 3) s-a făcut aplicînd izolatoarelor cîte 10 unde de impuls de tensiune (5 negative şi 5 pozitive) cu valorile de vîrf indicate în tabela 4.

Tensiunile prescrise din tabela 3 au fost corectate în funcţie de condiţiile de încercare cu expresia

$$U_{înc} = \delta U_h$$

în care :

$U_{înc}$ este valoarea de vîrf a undei de impuls de tensiune aplicată izolatorului ;
U_h — valoarea prescrisă în tabela 3 ;
δ — factorul de corecţie în funcţie de temperatură şi tensiune.

Tabela 4

Valorile tensiunilor de încercare la încercarea după CEI

Tipul izolatorului	Condiţii de încercare		Factorul de corecţie δ	Tensiunea prescrisă (valoare de vîrf) U_h kV	Tensiunea de încercare (valoare de vîrf) $U_{î} = \delta U_h$
	t°C	p mmHg			
SB 6	21,5	763	0,998	60	59,88
SA 10	21	769	1,006	75	75,5
SB 20	19	763	1,005	125	125,8
SB 35	21	769	1,006	190*)	191

*) prin interpolare

Valorile de vîrf ale undelor de tensiune aplicate au fost determinate cu eclatorul cu sfere cu diametru de 500 mm (tip VEM) pentru valori mari şi cu eclatorul cu sfere cu diametru 250 mm (tip SR sovietic), pentru valori mici. Distanţa dintre sferele eclatoarelor a fost stabilită în funcţie de tensiunea de încercare cu ajutorul curbei de etalonare a fiecărui eclator.

După ce s-a fixat distanţa dintre sferele eclatorului s-a crescut tensiunea la generatorul de impuls de tensiune pînă cînd s-au obţinut la eclator 50% amorsări din numărul total de impulsuri aplicate [16]. S-a conectat apoi izolatorul, s-au depărtat sferele eclatorului şi apoi s-au aplicat izolatorului 5 unde pozitive şi 5 unde negative. Toate izolatoarele încercate au trecut această probă în sensul că niciunul nu a conturnat sau a străpuns în timpul celor 10 impulsuri.

Încercarea la tensiunea limită de conturnare. Determinarea tensiunii limită de conturnare la impuls de tensiune s-a făcut variind valoarea de vîrf a impulsurilor pînă cînd s-a obţinut pe fiecare izolator 50% de amorsări din numărul total de impulsuri.

Tensiunea dată de eclator a fost corectată în funcţie de condiţiile de încercare cu formula :

$$U_c = A \cdot U_{ci}$$

în care :

U_c este valoarea de vîrf a tensiunii limită de conturnare la impuls raportată la condiţiile standard de temperatură (20°C) presiune (760 mm col Hg) şi umiditate (11 g/m³) ;
U_{ci} — valoarea de vîrf a tensiunii limită de conturnare la impuls în condiţiile experienţei ;
A — coeficientul de corecţie.

Coeficientul de corecţie A a fost calculat cu formula :

$$A = 1 + \frac{1 - \delta}{\delta} k$$

în care

k = 0,5 din tabela 2 corespunzător unui timp de conturnare de 2 μs, aşa cum reiese din oscilograma din fig. 10*a*.
δ — factorul de corecţie în funcţie de temperatură şi presiune.

Deci, coeficientul de corecţie va avea expresia :

$$A = 0{,}5\left(1 + \frac{1}{\delta}\right).$$

Determinarea tensiunii limită de conturnare la impuls s-a făcut atît pentru unde pozitive cît şi pentru unde negative. Rezultatele măsurătorilor sînt trecute în tabela 5.

Tabela 5

Valorile tensiunilor limită de conturnare

Tipul izolatorului	Condiţiile de încercare		Factorul de corecţie δ	Factorul de corecţie A	Tensiunea în condiţiile de încercare (valoare de vîrf) U_{ci} kV	Tensiunea raportată la 20°C şi 760 mm, col. Hg (valoare de vîrf) $U_c = AU_{ci}$ kV
	T°C	P mmHg				
a) *unda negativă 1/50*						
SB 6	21,5	763	0,998	1,001	116	116,2
SA 10	21	769	1,006	1,007	150	153,5
SB 20	19	763	1,005	0,997	270	269,5
SB 35	21	769	1,006	0,997	340	339,5
b) *undă pozitivă 1/50*						
SB 6	20	772	0,986	1,007	78,5	79,1
SA 10	20	772	0,986	1,007	88	88,5
SB 20	20	772	0,986	1,007	131	131,5
SB 35	20	772	0,986	1,007	191	192

Concluzii

Din studierea rezultatelor obţinute atît în ceea ce priveşte imaginea cîmpului în jurul izolatoarelor (fig. 8, *a,b, c, d*) şi repartiţia tensiunii în lungul lor (fig. 9) cît şi comportarea izolatoarelor la impuls de tensiune (tabelele 4 şi 5) se pot trage o serie de concluzii care urmează să fie folosite în continuare în cercetările ce vor fi efectuate asupra izolatoarelor suport pînă la 35 kV.

În primul rînd se constată că repartiţia tensiunii în lungul izolatoarelor nu se face în mod uniform la toate tipurile de izolatoare. Din diagramele din fig. 9 se vede că gradul de neuniformitate a repartiţiei tensiunii izolatoarelor este cu atît mai mare cu cît se merge către tensiuni mai înalte. Astfel în timp ce la izolatoarele de 6 kV şi 10 kV 50% din tensiunea aplicată se repartizează pe 40% respectiv 35% din înălţimea lor (măsurată de la capă)la izolatoarele de 20 kV şi 35 kV se repartizează abia pe 20% şi chiar mai puţin.

În ceea ce priveşte comportarea izolatoarelor la impuls de tensiune se constată că, deşi toate izolatoarele încercate au trecut proba la tensiunea prescrisă de normele CEI, valoarea de vîrf a tensiunii limită de conturnare la unde pozitive pentru izolatoare de 20 şi 35 kV este foarte apropiată de valoarea de vîrf a tensiunii prescrise şi anume este doar cu 5% respectiv 1% mai mare.

Valorile de vîrf ale tensiunilor limită de conturnare la unde negative sînt mai mari decît cele pentru unde pozitive aşa cum era de aşteptat [14], însă diferenţa dintre cele două valori este prea mare. În tabela 6 sînt date pentru fiecare din izolatoarele încercate diferenţele dintre cele două valori în procente raportate la valorile de vîrf ale tensiunii limită de conturnare la undă negativă.

Tabela 6

Diferenţa procentuală între tensiunile limită 50 % la undă negativă şi pozitivă

Tipul izolatorului	Tensiunea limită 50% la undă negativă (valoare de vîrf) kV	Tensiunea limită 50% la undă pozitivă (valoare de vîrf) kV	Diferenţa dintre valoarea celor două tensiuni %
SB 6	116,2	79,1	32
SA 10	153,5	88,5	42,5
SB 20	269,5	131,5	51,4
SB 35	339,5	192	43,5

Din tabelă rezultă că în afară de izolatorul SB 6 celelalte izolatoare prezintă o diferenţă mai mare decît cele din literatură [14] care este de maxim 40%.

Din cele de mai sus rezultă că eforturile ce vor trebui duse în vederea obţinerii unor forme mai economice şi mai adecvate de izolatoare vor trebui îndreptate în special către izolatoarele de 20 kV şi 35 kV, şi anume în sensul uniformizării repartiţiei potenţialelor pe suprafaţa izolatoarelor, a reducerii valorii de vîrf a tensiunii limită de conturnare la undă negativă şi a creşterii valorii de vîrf a tensiunii limită de conturnare la undă pozitivă.

Bibliografie

[1] *Drewnowski K.* : Considérations sur les méthodes de mesure de la répartition du champ électrique des isolateurs à haute tension dans les conditions de régime, CIGRE 1935 rap. 260.

[2] *Steels O.* : Méthodes d'essais pour isolateurs à haute tension, RGE 30 (1931) 25, p. 979 — 985.

[3] *Marx E.* : Hochspannungs-Praktikum. Berlin Springer 1941, p. 125 — 131.

[4] *Stringel R.* : Die Methode der elektrischen Feldmessung, Elektrotechn. Z. 71 (1950) 10, p. 229 — 232.

[5] *Drewnowski K.* : Die Ausmessung elektrischer Hochspannung felder mittels Kompensationsmethoden, Arh. für El. 27 (1933) 4, p. 229 — 241.

[6] *Drewnowski, K.* : Détérmination experimentale de la répartition du champ électrostatique des isolateurs à haute tension, CIGRÉ 1931, ap. 24.

[7] *Sirotinski I. L.* : Tehnica tensiunilor înalte, vol. I. Ed. Energetică de Stat, Buc. 1954 (p. 368 şi u.), vol. II, Ed. Tehnică, Buc., 1956 (p. 40 şi.u.).

[8] *Drewnowski K.* şi *Dunicowski* : La méthode de compensation automatique adaptée à l'investigation des champs électriques, CIGRÉ 1931, rap. 24 bis.

[9] *Roth A.* : Hochspannungstechnik, Wien, Ed. Springer 1950, p. 37 — 40.

[10] *Schering* şi *Raske* : Zur messung des Spannungsverteilungen Isolatoroberfächen, Elektrotechn. Z. 56(1935) 4, p. 75 — 8075 — 80.

[11] *** : Manualul inginerului electrician, vol. I, Buc. ,Ed. Tehnică, 1953, p. 197.

[12] *Froidevaux J.* : Quelques aspects de l'essai au choc des transformateurs, Bull. Sécheron, nr. F. 1956, p. 30.

[13] Le Comité Technique 28 de L'A.S.E. : Régles et Recomandations pour la coordination de l'isolement des installations à courant alternatif à haute tension. Bull. ASE, 47 (1956) 20, p. 942 — 951.

[14] *Bernochi Cesare de* : Prove ad impulso con onde di. tensione positive e negative su isolatori di tipi diversi L'Energia Elettrica 33 (1956) 3, p. 306 — 311.

[15] *Hortopan Gh.* : Observaţii privind calculul şi comanda unui generator de impuls, Electrotehnica, V (1957) 1, p. 13 — 18.

[16] *Bohumil N.* : Mesures de tensions de choc, CIGRÉ 1950 rap. nr. 345.

Parametrii electrici în curent alternativ ai conductoarelor unifilare de oţel de producţie indigenă

V. SAVIUC, I. ŞABATIN ŞI AL. CRIŞAN — Craiova*)

Caracteristicele electrice ale conductoarelor ieşite din fabricaţie nu corespund întocmai condiţiilor impuse prin norme şi standarde. Acesta este cazul mai ales la cele din oţel la care materialul este mai neomogen. Pentru a se putea da indicaţii în vederea unei utilizări corespunzătoare în exploatare se impun măsurători de laborator. In lucrarea de faţă se relatează rezultatele unor astfel de măsurători.

CZ 621.315.52.011

1. Introducere

Deşi este cunoscută posibilitatea înlocuirii conductoarelor de cupru şi aluminiu cu conductoare de oţel în reţele de transport şi distribuţie a energiei electrice, pînă în prezent la noi în ţară acestea nu sînt utilizate ca atare. Oţelul nu constituie numai un înlocuitor ieftin şi disponibil al metalelor neferoase utilizate ca material conductor în instalaţiile electrice [1], [2], [3], ci folosirea conductoarelor de oţel este chiar rentabilă în cazul reţelelor de mică putere, număr mic de ore de utilizare a puterii maxime şi cost redus al energiei electrice. Aceste condiţii sînt realizate în cazul reţelelor rurale de înaltă şi joasă tensiune şi în unele cazuri chiar în reţelele urbane de iluminat exterior sau de distribuţie, în staţii de cale ferată, în reţele sezoniere sau temporare de pe şantiere, cîmpuri petrolifere etc. precum şi în instalaţii de semnalizare şi telecomandă.

Neutilizarea conductoarelor de oţel se explică pe de o parte prin aceea că industria noastră nu fabrică produse special destinate acestui scop, iar pe de altă parte, necunoaşterea caracteristicilor electrice ale produselor existente de oţel face imposibilă precizarea sortimentelor care se pot utiliza drept conductoare active în reţele electrice.

Ori, datorită efectului pelicular şi variaţiei permeabilităţii rezistenţa şi reactanţa interioară a conductoarelor de oţel variază mult cu curentul, diametrul compoziţia chimică şi procesul de fabricaţie a conductoarelor după relaţii care nu pot fi exprimate analitic prin relaţii simple şi riguroase. Expresiile analitice ale rezistenţei şi reactanţei interioare ce se găsesc în literatură [4] [5], [6] fiind aproximative (datorită aproximării ciclului de histerzis), limitate la anumite cazuri particulare şi practic greu de utilizat (datorită formelor lor complicate şi a unor mărimi a căror valoare nu se poate determina) singura cale de obţinere a unor rezultate sigure este cea a determinărilor experimentale.

Pentru determinarea rezistenţei şi reactanţei interioare la $f = 50$ Hz ale conductoarelor s-a utilizat schema de compensaţie L. R. Neiman [7]. Cu măsurile adoptate pentru înlăturarea influenţelor parazite s-a verificat că eroarea schemei este mai mică de 0,5%. Determinările au fost făcute în regim termic permanent, rezultatele reducîndu-se la o temperatură a mediului ambiant de 20°C. S-au luat măsuri ca forma curbei curentului să fie practic sinusoidală, iar conductorul să nu fie supus la eforturi de întindere.

2. Produsele existente de oţel care se pot utiliza drept conductoare electrice active în reţele de curenţi tari

Prima problemă abordată a fost cea a produselor indigene de oţel care pot fi utilizate ca material conductor în reţele electrice.

De la început au fost eliminate produsele neprotejate contra coroziunii prin zincare, ele nefiind corespunzătoare utilizării în reţele aeriene. Măsurătorile efectuate asupra sîrmelor cu conţinut mediu de carbon (0,2—0,6%C) arată că rezistenţa lor este cu 70—40% mai mare decît a conductoarelor de oţel utilizabile, pierderile de tensiune fiind mult mai mari, cu toate că reactanţa lor interioară este mai mică. În fig. 1 sînt date spre comparaţie rezistenţa

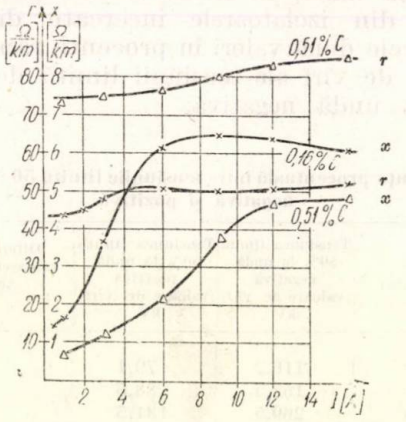


Fig. 1. Comparaţie între rezistenţa şi reactanţa interioară a unui conductor de oţel cu conţinut mediu de carbon (0,51%C) şi a unuia cu conţinut mic de carbon (0,16%) de 2 mm diametru.

şi reactanţa interioară în funcţie de curent a unui conductor cu conţinut mediu de carbon şi a unuia cu conţinut mic de carbon, utilizabil (STAS 891-54). Datorită rezistenţei lor mari conductoarele cu conţinut mediu de carbon

*) Ing. V. Saviuc este lector la Inst. Tehnic Craiova
Ing. I. Sabatin este lector la Inst. Tehnic Craiova
Ing. Al. Crişan este conferenţiar la Inst. Tehnic Craiova

sînt improprii reţelelor electrice, ele putînd prezenta interes la confecţionarea rezistenţelor.

Din cele de mai sus rezultă că sîrmele cu conţinut mediu de carbon şi evident cu atît mai mult cele cu conţinut mare de carbon, nu corespund condiţiilor impuse de reţelele de transport şi distribuţie a energiei electrice.

Cercetînd caracteristicile sîrmelor cu conţinut mic de carbon se constată că cele recoapte nu

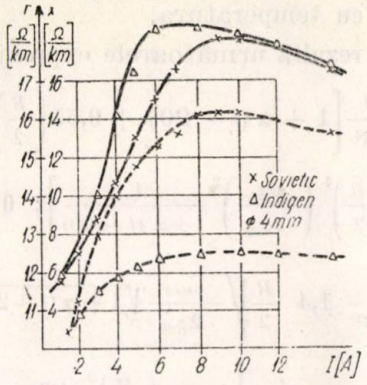


Fig. 2. Comparaţie între rezistenţa (curbele continue) şi reactanţa interioară (curbele întrerupte) a unui conductor de oţel STAS 891 — 54 şi a unui conductor de producţie sovietică, de 4 mm diametru.

corespund nici din punct de vedere mecanic, avînd o rezistenţă mecanică prea mică şi nici din punct de vedere electric, parametrii lor în curent alternativ avînd valori mai mari decît cele ale sîrmelor cu acelaşi conţinut de carbon dar supuse altor procedee de fabricaţie.

Sîrmele cu conţinut mic de carbon patentate, au însă caracteristici electrice comparabile (fig. 2) iar cele mecanice, identice cu cele ale conductoarelor de oţel de producţie sovietică special destinate pentru a fi utilizate în liniile de transport şi distribuţie [8].

Din cele expuse rezultă că sîrmele de oţel fabricate actualmente în ţară cele cu conţinut mic de carbon patentate şi zincate — caracteristici posedate de conductoarele pentru linii de telecomunicaţii STAS 891-54 — se pot utiliza în reţele de curenţi tari, ele prezentînd o mare siguranţă de funcţionare, proprietăţile lor mecanice fiind verificate în practica reţelelor de telecomunicaţii.

S-au ridicat experimental curbele de variaţie a rezistenţei şi a reactanţei interioare în funcţie de curent ale acestor conductoare (fig. 3); conductorul cu diametrul de 5 mm nefabricîndu-se în prezent nu i s-au putut determina parametrii electrici. Totodată s-au determinat şi valorile maxime admisibile ale curenţilor din punct de vedere termic, la o încălzire a conductoarelor de 70°C şi o temperatură a mediului ambiant de 20°C, aproximativ 15, 22 şi 30 A pentru diametrul de 2, 3 respectiv 4 mm.

Curenţii de exploatare sînt limitaţi de pierderile de tensiune maxime admisibile la valori mai mici decît cele corespunzătoare curenţilor economici (6 şi 9 A pentru diametrul de 4 respectiv 5 mm); ori, în acest domeniu forma curbelor este practic liniară fiind astfel posibilă o exprimare analitică simplă a lor.

În privinţa conductoarelor STAS 891-54, în cadrul măsurătorilor efectuate, s-a constatat

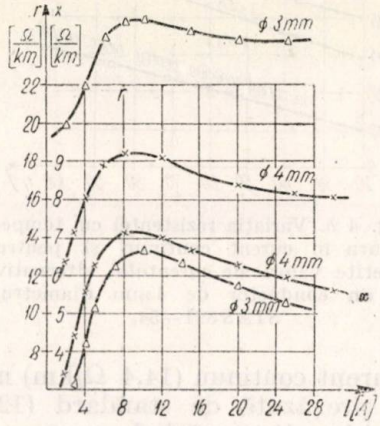


Fig. 3. Variaţia rezistenţei şi reactanţei interioare în funcţie de curent la conductoarele de oţel STAS 891 — 54.

că numai pentru conductoarelor a căror compoziţie chimică corespunde oţelului OL 34 B şi care respectă valorile rezistenţei în curent continuu prevăzute în acest standard, se pot da curbe unice de variaţie a parametrilor electrici, aceştia avînd totodată şi valori acceptabile pentru necesităţile reţelelor electrice.

Pentru folosirea conductoarelor STAS 891-54 şi în reţele de curenţi tari este absolut necesar ca la fabricarea lor să se respecte condiţiile

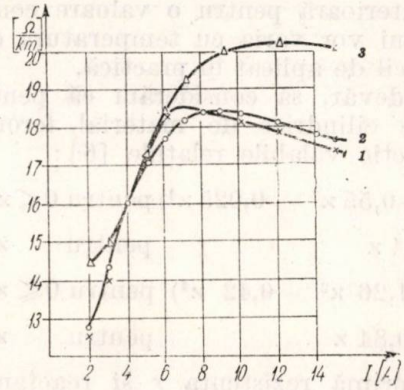


Fig. 4 *a*. Rezistenţa în funcţie de curent pentru conductoare de 4 mm diametru, STAS 891 — 54 cu impurităţi normale 1,2 şi cu conţinut mărit de mangan 3.

de mai sus întrucît după cum s-a constatat o parte din produsele actuale abătîndu-se de la aceste condiţii au rezistenţa şi reactanţa interioară mai mari decît ale conductoarelor

ce le respectă. Din fig. 4 *a* se poate constata că numai conductoarele *1* şi *2* care se încadrează în prevederile STAS-ului 891-54 au curbe de variaţie a rezistenţei cu curentul foarte apropiate, în schimb conductorul *3*, care are rezis-

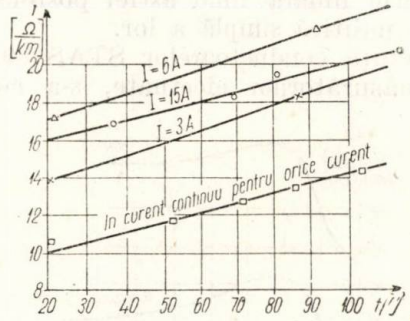


Fig. 4 *b*. Variaţia rezistenţei cu temperatura în curent continuu şi pentru diferite valori ale curentului alternativ la un conductor de 4 mm diametru, STAS 891–54.

tenţa în curent continuu (14,4 Ω/km) mai mare decît cea prevăzută de standard (12 Ω/km) datorită unui conţinut mărit de mangan (0,93%), se abate mult de la aceste curbe medii.

3. Variaţia rezistenţei şi reactanţei interioare a conductoarelor de oţel cu temperatura

O altă problemă studiată a fost accea a variaţiei rezistenţei şi reactanţei interioare cu temperatura. Această problemă prezintă un interes practic deosebit la calculul curenţilor de scurtcircuit ţinînd seamă de variaţia parametrilor conductoarelor cu temperatura.

Cum efectul pelicular în conductoare feromagnetice depinde după relaţii complicate de rezistivitate şi permeabilitate — mărimi care variază cu temperatura — rezistenţa şi reactanţa interioară pentru o valoare constantă a curentului vor varia cu temperatura după relaţii dificil de aplicat în practică.

Într-adevăr, să considerăm că pentru conductoare cilindrice de material feromagnetic sînt practic valabile relaţiile [6]:

$$r = r_c(1 + 0{,}55\,x^2 - 0{,}025\,x^4) \text{ pentru } 0 \leqslant x \leqslant 2 \quad (1)$$

$$r = r_c\,1{,}4\,x \qquad \text{pentru} \quad x \geqslant 2 \quad (2)$$

$$x = r_c\,(1{,}26\,x^2 - 0{,}42\,x^4) \text{ pentru } 0 \leqslant x \leqslant 1 \quad (3)$$

$$x = r_c \cdot 0{,}84\,x \qquad \text{pentru} \quad x \geqslant 1 \quad (4)$$

care exprimă rezistenţa r şi reactanţa x în funcţie de parametrul

$$x = \frac{R}{2}\sqrt{\frac{\omega\mu_s}{2\rho}}$$

în care:

$r_c = \rho \frac{1}{\pi R^2}$ este rezistenţa în curent continuu a conductorului;

$\rho = \rho_{20}\,[1 + \alpha\,(t - 20)]$ — rezistivitatea;

μ_s — permeabilitatea statică determinată din curba fundamentală de magnetizare la valoarea efectivă a intensităţii cîmpului magnetic pe suprafaţa conductorului;

R — raza conductorului;

l — lungimea conductorului;

ω — pulsaţia;

t — temperatura;

α — coeficientul de variaţie a rezistivităţii cu temperatura.

De aici rezultă următoarele expresii:

$$r = \rho_{20}\frac{l}{\pi R^2}\left[1 + \alpha\,(t-20) + 0{,}55\left(\frac{R}{2}\right)^2\frac{\omega\mu_s}{2\rho_{20}} - 0{,}025\left(\frac{R}{2}\right)^4\left(\frac{\omega\mu_s}{2\rho_{20}}\right)^2\frac{1}{1+\alpha\,(t-20)}\right];\quad 0 \leqslant x \leqslant 2 \quad (5)$$

$$r = \rho_{20}\frac{l}{\pi R^2}\;1{,}4\;\frac{R}{2}\sqrt{\frac{\omega\mu_s}{2\rho_{20}}}\sqrt{1+\alpha\,(t-20)};\quad x \geqslant 2 \quad (6)$$

$$x = \rho_{20}\frac{l}{\pi R^2}\left[1{,}26\left(\frac{R}{2}\right)^2\frac{\omega\mu_s}{2\rho_{20}} - 0{,}42\left(\frac{R}{2}\right)^4\cdot\left(\frac{\omega\mu_s}{2\rho_{20}}\right)^2\frac{1}{1+\alpha(t-20)}\right];\quad 0 \leqslant x \leqslant 1 \quad (7)$$

$$x = \rho_{20}\frac{l}{\pi R^2}\;0{,}84\;\frac{R}{2}\sqrt{\frac{\omega\mu_s}{2\rho_{20}}}\sqrt{1+\alpha\,(t-20)};\quad x \geqslant 1 \quad (8)$$

din care se constată că rezistenţa şi reactanţa interioară sînt funcţii complicate de temperatură.

După cum au arătat însă determinările experimentale, pentru o anumită valoare a curentului,

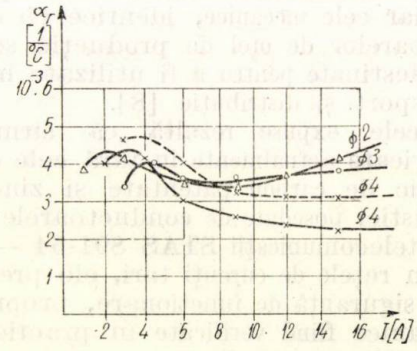


Fig. 5 *a*. Dependenţa de curent a coeficientului de variaţie a rezistenţei cu temperatura pentru diferite conductoare: curbele continue sînt pentru conductoare cu conţinut normal de impurităţi (OL 34B) iar cea punctată este pentru conductoare cu conţinut mărit de impurităţi.

în intervalul 0 — 150°C, variaţia rezistenţei şi a reactanţei interioare cu temperatura se poate liniariza cu suficientă precizie pentru practică; pantele acestor drepte depind de valoarea

curentului. În consecinţă pentru o valoare a curentului, se poate scrie :

$$r = r_{20}\ [1 + \alpha_r\ (t - 20)] \qquad (9)$$

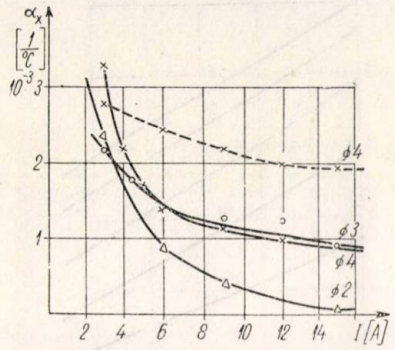


Fig. 5 *b*. Dependenţa de curent a coeficientului de variaţie al reactanţei interioare cu temperatura. Curbe continue sînt pentru conductoare cu conţinut normal de impurităţi (OL 34B) iar cea punctată este pentru conductoare cu conţinut mărit de impurităţi.

şi

$$x = x_{20}\ (1 + \alpha_x\ (t - 20)] \qquad (10)$$

în care α_r şi α_x se pot numi coeficienţii de variaţie cu temperatura ai rezistenţei respectiv reactanţei interioare la o anumită valoare a curentului.

Din compararea relaţiilor (5), (6) cu (9) şi (7), (8) cu (10) rezultă că α_r şi α_x trebuie să depindă de compoziţia chimică, procesul tehnologic şi de diametrul conductorului, iar la un conductor dat, de frecvenţă şi curent. Rezultatele experimentale, prezentate în fig. 5, *a* şi 5, *b* confirmă deducţiile de mai sus. Influenţa elementelor străine din materialul conductorului se manifestă ca din curent continuu, prin scăderea valorilor coeficienţilor α_r şi α_x. Se mai observă că α_r este mai mic decît α şi că, datorită variaţiei puternice cu curentul, diametrul şi compoziţia chimică, nu se pot indica valori medii pentru α_r şi α_x.

Deoarece în general conductoarele de oţel se utilizează la curenţi mult mai mici decît cei maximi admisibili din punct de vedere termic şi $r > x$, în condiţii normale se pot neglija corecţiile cu temperatura a rezistenţei şi, mai ales, a reactanţei interioare.

4. Variaţia rezistenţei şi reactanţei interioare a conductoarelor de oţel cu efortul de întindere

Un alt fenomen studiat, deosebit de interesant şi favorabil, este acela al scăderii rezistenţei şi reactanţei interioare cu efortul de întindere la care este supus conductorul de oţel.

Acest fenomen era de aşteptat întrucît permeabilitatea μ a fierului depinde apreciabil, în afară de intensitatea cîmpului magnetic şi

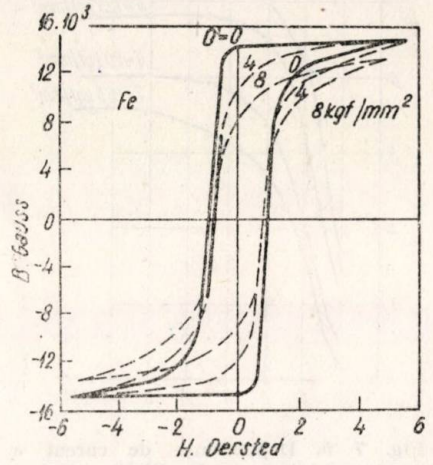


Fig. 6. Ciclul de histerezis al fierului pentru diferite eforturi specifice de întindere.

de efortul specific de întindere σ (fig. 6) cum însă rezistenţa şi reactanţa interioară sînt funcţii de μ_s (formulele 1 — 4), acestea vor depinde şi de σ.

În fig. 7*a*, şi 7*b* sînt reprezentate variaţiile lui r şi x în funcţie de curent pentru diferite

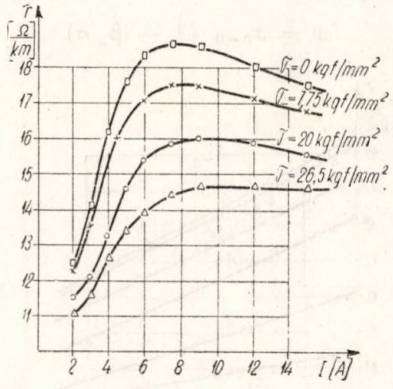


Fig. 7 *a*. Dependenţa de curent a rezistenţei la diferite eforturi specifice de întindere pentru un conductor de 4 mm diametrul STAS 891—54.

valori ale lui σ mai mici decît limita de curgere în cazul unui conductor cu diametrul de 4 mm. Din aceste figuri se vede că scăderea este destul de pronunţată ; astfel pentru diametrul de 4 mm la $I = 6$ A şi $\sigma = 20$ kgf/mm² rezistenţa se micşorează cu 16,6% iar reactanţa interioară cu 26%.

În scopul găsirii unor expresii analitice pentru variația lui r și x cu σ, acestea s-au reprezentat

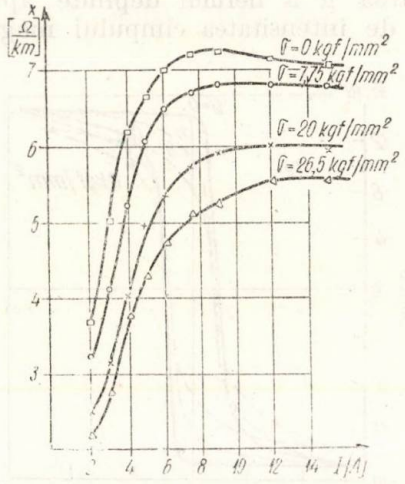


Fig. 7 *b*. Dependența de curent a reactanței interioare la diferite eforturi specifice de întindere pentru un conductor 4 mm diametru, STAS 891—54.

grafic pentru diferite valori constante ale curentului (fig. 8, *a* și *b*.). Se constată că relațiile $r(\sigma)$ și $x(\sigma)$ sînt practic liniare avînd pante diferite la diferiți curenți:

$$r = r_{\sigma=0}\ (1 - \beta_r\ \sigma) \qquad (11)$$

$$x = x_{\sigma=0}\ (1 - \beta_x\ \sigma) \qquad (12)$$

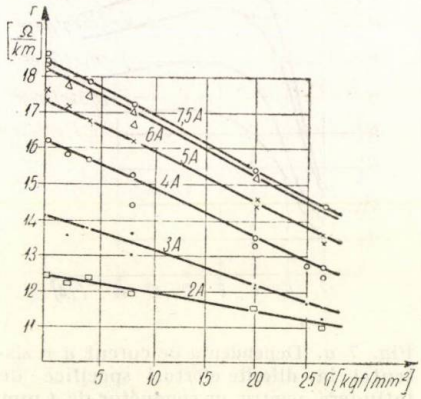


Fig. 8 *a*. Variația rezistenței cu efortul specific de întindere la diferite valori ale curentului pentru un conductor de 4 mm diametru, STAS 891—54.

În aceste relații β_r și β_x se pot numi coeficienții de variație a rezistenței respectiv reactanței interioare cu efortul de întindere la o anumită valoare a curentului.

Calculîndu-se β_r și β_x pe baza datelor experimentale (fig. 9), s-a constatat că acestea depind

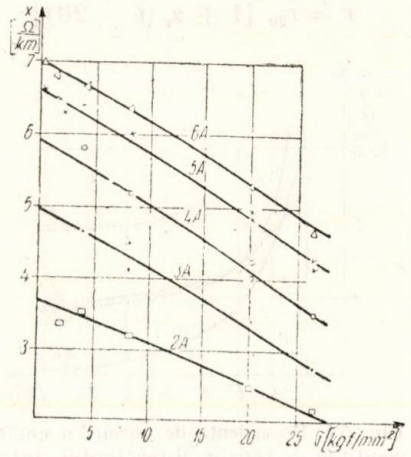


Fig. 8 *b*. Variația reactanței interioare cu efortul specific de întindere la diferite valori ale curentului pentru un conductor de 4 mm diametru, STAS 891—54.

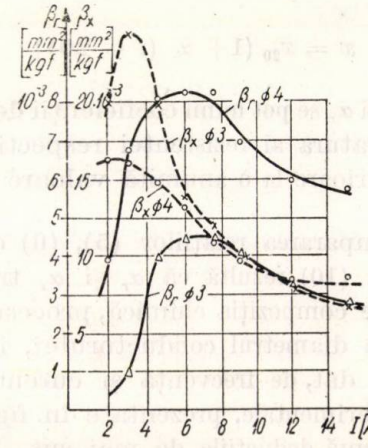


Fig. 9. Dependența de curent a coeficienților de variație a rezistenței și reactanței interioare cu efortul specific de întindere pentru diferite conductoare STAS 891—54.

atît de caracteristicile conductorului cît și de curent.

5. Concluzii

Din cele expuse rezultă că în prezent dintre produsele indigene de oțel unifilar, conductoarele zincate pentru linii de telecomunicații STAS 891 — 54 pot fi folosite la transportul și distribuția energiei electrice; parametrii electrici ai acestor conductoare asigură un domeniu de utilizare și rentabilitate aproape egal cu cel al conductoarelor de oțel sovietice, caracteristicile lor mecanice fiind îndelung verificate în linii de telecomunicații.

Ținînd seama că σ variază de-a lungul rețelei electrice, micșorînd parametrii liniei și că în general curenții de exploatare sînt mult mai mici decît cei maxim admisibili, în practica de proiectare se poate omite corecția cu σ și cu t, evitîndu-se astfel multe operații greoaie, pierderile de tensiune calculate fiind acoperitoare.

Bibliografie

[1] *Niewiadomski C.*: Posibilitățile de economie a metalelor neferoase în industria cablurilor și a conductoarelor, Przeglad Elektrotechniczny, (1952) 8, p. 291.

[2] *Mroczkowski Z.*: Problema economiei de metale neferoase la construirea uzinelor electrice și a stațiilor de distribuție, Przeglad Elektrotechniczny, (1952) 8, p. 294.

[3] *Klier I.*: Experiențe în legătură cu înlocuirea metalelor neferoase în electrotehnică, Elektrotechnicky Obzor, (1952), 3, p. 97 — 99.

[4] *Timofeev B. B.*: Poverhnostnîi effekt v massivnîh ferromagnitnîh telah pri slabîh poleah i slabom proiavlenii ghisterezisa, Elektricestvo, (1954) 12.

[5] *Timofeev B. B.*: Poverhnostnîi effekt v massivnîh provodnikah, Elektricestovo (1956) 10.

[6] *Neiman L. R.*: Poverhnostnîi effekt v ferromagnitnîh telah, Gosenergoizdat, Moscova, 1949.

[7] *Neiman L. R.*: Rukovodstvo k laboratorii elektromagnitnogo polea, Gosenergoizdat, Moscova, 1950.

[8] *Sarîcev B. M.*: Nomogrammî, grafiki i tablițî dlea rasceta linii elektroperedaci, Izdatelstvo Ministerstva Kommunalnogo Hoziaistva R.S.F.S.R., Moscova, 1956.

[9] *Bozorth R.*: Ferromagnetism, Toronto — New York, 1951.

Rezistența rotorului în formă de pahar

A. MORARU — București*)

Rezistența rotorului în formă de pahar a servomotoarelor bifazate este un parametru important în predeterminarea caracteristicilor lor de funcționare. În literatura de specialitate problema calculului acestei rezistențe este tratată superficial pe baza unor ipoteze simpliste nejustificabile teoretic și practic. Autorul abordează problema corect integrînd ecuațiile cîmpului în condiții la limită corecte și obține o formulă de calcul mai exactă și ușor de aplicat.

CZ 621.316.7.077.2 :621.3.043.3.

În automatizări se folosește cu mult succes servomotorul asincron bifazat cu rotorul în formă de pahar. Rotorul acestui motor este un cilindru de aluminiu (R în fig. 1), care se

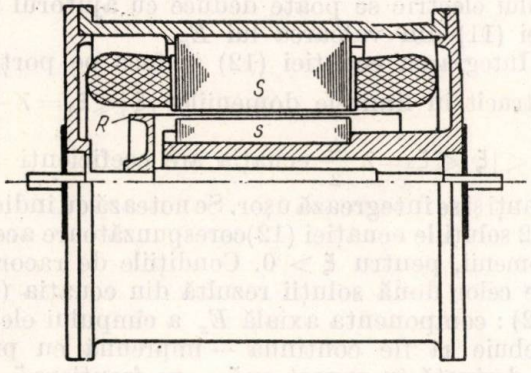


Fig. 1 Servomotor bifazat cu rotor în formă de pahar.

poate roti liber în întrefierul dintre statorul exterior bobinat S și statorul interior nebobinat s al motorului.

La dimensionarea servomotoarelor cu rotor în formă de pahar se pune problema predeterminării prin calcul a rezistenței rotorului. Această problemă a fost tratată în mai multe lucrări de specialitate [1,2,3,4,5,6], însă considerăm că nu a fost rezolvată suficient de riguros. În toate aceste lucrări rezistența rotorului s-a calculat pornind de la o distribuție de curenți în rotor adoptată fără justificare teoretică. În prezenta lucrare se stabilește întîi teoretic distribuția de curenți în rotor și apoi se calculează rezistența rotorului.

Ipotezele simplificatoare în care se tratează problema sînt cele unanim adoptate în pro-

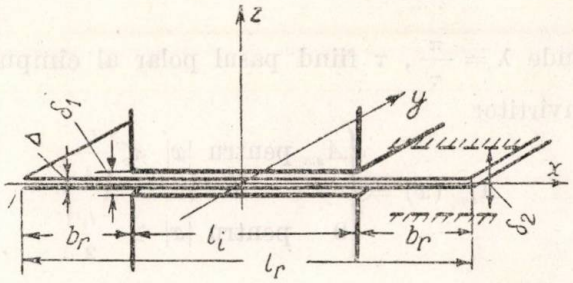


Fig. 2 Alegerea axelor de coordonate.

bleme de acest gen. Astfel se consideră grosimea radială Δ a rotorului suficient de mică în raport cu diametrul mediu D al rotorului și deci se poate neglija curbura cilindrului rotorului. Corespunzător se alege un sistem ortogonal de axe de coordonate ca în fig. 2. De asemenea, se neglijează variația densității de curent $\vec{J}$ în cilindru cu coordonata z, se neglijează componenta radială J_z a densității de curent în cilindru, se neglijează variația componentei radiale $\mathfrak{B}_z$ a inducției magnetice cu coordonata z, fierul se consideră de permeabilitate infinită, întrefierul

*) *Ing. A Moraru* este șef de sector la Institutul de Energetică al Academiei R.P.R.

se presupune uniform, iar cîmpul inductor sinusoidal și învîrtitor.

La ducerea cîmpului de curenți în porțiunile frontale, de obicei se consideră problema irotațională, adică se neglijează efectul cîmpului propriu. Pentru a evalua ordinul de mărime al aproximației făcute, noi am considerat cîmpul la capete pur radial, ca într-un întrefier de grosime δ_2 (fig. 2).

Pornind de la ecuațiile cîmpului electromagnetic, vom stabili cîmpul electric — respectiv cîmpul de curenți — în rotor. În primul rînd

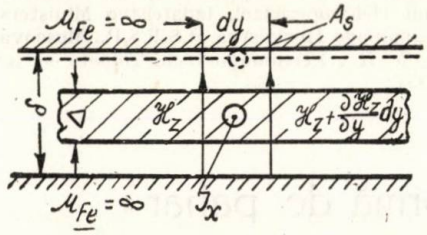


Fig 3 Schemă pentru deducerea ecuației (1)

se ia circulația vectorului cîmp magnetic pe un circuit în planul $x = \text{const.}$, sprijinit pe cele două armături de fier (fig. 3). Rezultă:

$$\frac{\partial \mathcal{H}_z}{\partial y} = \frac{\Delta}{\delta} \mathcal{J}_x + \frac{1}{\delta} \mathcal{A}_s. \tag{1}$$

Aici s-a notat cu $\mathcal{A}_s$ valoarea instantanee a păturii de curent de pe stator, care creează cîmpul inductor:

$$\mathcal{A}_s(x,y,t) = A_{sm}(x) \cos(\omega t - \lambda y) = \Re e\,[A_{sm}\, e^{j(\omega t - \lambda y)}] \tag{2}$$

unde $\lambda = \frac{\pi}{\tau}$, τ fiind pasul polar al cîmpului învîrtitor

$$A_{sm}(x) = \begin{cases} A_{sm} \text{ pentru } |x| \leqslant \frac{l_i}{2} \\ 0 \quad \text{pentru } |x| > \frac{l_i}{2} \end{cases} \tag{3}$$

Se mai deduc două relații luînd circulația vectorului cîmp electric în planul $z = 0$ (în cilindru) și divergența vectorului cîmp electric în cilindru:

$$\frac{\partial \mathcal{E}_y}{\partial x} - \frac{\partial \mathcal{E}_x}{\partial y} = -\frac{\partial \mathcal{B}_z}{\partial t} \tag{4}$$

$$\frac{\partial \mathcal{E}_x}{\partial x} + \frac{\partial \mathcal{E}_y}{\partial y} = 0. \tag{5}$$

Se mai observă că valoarea întrefierului δ variază cu coordonata x: $\delta = \delta_1$, pentru $|x| \leqslant \frac{l_i}{2}$ și $\delta = \delta_2$ pentru $|x| > \frac{l_i}{2}$. În fine, lungimea rotorului trebuie considerată finită și egală cu l_r, adică frontierele $x = \pm \frac{l_r}{2}$ trebuie să fie linii de curent.

La relațiile (1), (4) și (5), care definesc cîmpul electric în rotor, mai trebuie adăugate legile de material

$$\vec{\mathcal{E}} = \rho \vec{\mathcal{J}} \tag{6}$$

$$\vec{\mathcal{B}} = \mu_0 \vec{\mathcal{H}} \tag{7}$$

Întrucît se studiază un regim sinusoidal permanent, se pot transcrie relațiile (1), (4) și (5), în formă complexă. Notînd

$$\xi = \lambda x \tag{8}$$

și ținînd seamă de relațiile (6), (7), se obține

$$-j\lambda \dot{H}_z = \frac{\Delta}{\rho\delta} \dot{E}_x + \frac{1}{\delta} \dot{A}_{sm} \tag{9}$$

$$\frac{d\dot{E}_y}{d\xi} + j\dot{E}_x = -\frac{j\omega\mu_0}{\lambda} \dot{H}_z \tag{10}$$

$$\frac{d\dot{E}_x}{d\xi} - j\dot{E}_y = 0. \tag{11}$$

Din sistemul (9) (10), (11) se deduce ecuația diferențială a lui $\dot{E}_x$

$$\frac{d^2\dot{E}_x}{d\xi^2} - \left(1 + j\frac{\omega\mu_0\Delta}{\rho\lambda^2\delta}\right)\dot{E}_x = j\frac{\omega\mu_0}{\lambda^2\delta}\dot{A}_{sm}. \tag{12}$$

Valoarea componentei tangențiale $\dot{E}_y$ a cîmpului electric se poate deduce cu ajutorul relației (11) din valoarea lui $\dot{E}_x$.

Integrarea ecuației (12) se face pe porțiuni, întrucît în limitele domeniilor $|\xi| \leqslant \xi_1 = \lambda \frac{l_i}{2}$ și $\xi_1 < |\xi| \leqslant \xi_2 = \lambda \frac{l_r}{2}$ ecuația are coeficienți constanți și se integrează ușor. Se notează cu indicii 1 și 2 soluțiile ecuației (12) corespunzătoare acestor domenii, pentru $\xi > 0$. Condițiile de racordare ale celor două soluții rezultă din ecuația (5) și (12): componenta axială E_x a cîmpului electric trebuie să fie continuă — împreună cu prima sa derivată în raport cu ξ — pe frontiera $\xi = \xi_1$.

Se notează

$$k = \frac{\mu_0\omega\Delta}{\rho\lambda^2\delta} \tag{13}$$

și

$$\sqrt{1 + jk} = \alpha + j\beta \text{ cu } \alpha > 0 \text{ și } \beta > 0. \tag{14}$$

Soluțiile ecuației (12), ținînd seamă de condițiile la limită și de condițiile de racordare, sînt:

$$\dot{E}_{x1} = \frac{jk_1}{1 + jk_1} \cdot \frac{\rho}{\Delta} \dot{A}_{sm}[\dot{C}_1 \operatorname{ch}(\alpha_1 + j\beta_1)\xi - 1] \tag{15}$$

$$\dot{E}_{x2} = \frac{jk_1}{1 + jk_1} \cdot \frac{\rho}{\Delta} \dot{A}_{sm}[\dot{C}_2 \operatorname{sh}(\alpha_2 + j\beta_2)(\xi_2 - \xi)] \tag{16}$$

unde

$$\dot{C}_1 = \frac{1}{\operatorname{ch}(\alpha_1+j\beta_1)\xi_1} \cdot \frac{1}{1+\frac{\alpha_1+j\beta_1}{\alpha_2+j\beta_2}\operatorname{th}(\alpha_1+j\beta_1)\xi_1 \operatorname{th}(\alpha_2+j\beta_2)(\xi_2-\xi_1)} \tag{17}$$

$$\dot{C}_2 = -\frac{\alpha_1+j\beta_1}{\alpha_2+j\beta_2} \cdot \frac{\operatorname{sh}(\alpha_1+j\beta_1)\xi_1}{\operatorname{ch}(\alpha_2+j\beta_2)(\xi_2-\xi_1)} \dot{C}_1. \tag{18}$$

Din aceste soluții, se deduc valorile componentei tangențiale $\dot{E}_y$ ale cîmpului electric

$$\dot{E}_{y1} = \frac{jk_1}{1+jk_1} \frac{\rho}{\Delta} \dot{A}_{sm} [-j(\alpha_1+j\beta_1)\dot{C}_1 \operatorname{sh}(\alpha_1+j\beta_1)\xi] \tag{19}$$

$$\dot{E}_{y2} = \frac{jk_1}{1+jk_1} \frac{\rho}{\Delta} \dot{A}_{sm} [j(\alpha_2+j\beta_2)\dot{C}_2 \operatorname{ch}(\alpha_2+j\beta_2)(\xi_2-\xi)]. \tag{20}$$

Cu ajutorul valorilor stabilite ale cîmpului electric în cilindrul rotorului, se poate calcula valoarea rezistenței acestuia. Se poate demonstra că rezistența rotorului raportată la stator poate fi exprimată sub forma:

$$r_2' = m_1 (w_1 k_{w1})^2 \frac{2P_2}{\pi^2 p^2 F_{2m}^2}.$$

Aici — în afară de notațiile uzuale — s-a notat cu P_2 pierderile în rotor prin efect Joule, iar cu F_{2m} valoarea medie a amplitudinii forței magnetomotoare de reacție a rotorului, media fiind luată de-a lungul unei generatoare a rotorului. Prelucrînd expresia pentru cazul studiat (cîmpul electric în rotor dat sub formă complexă) se obține

$$r_2' = m_1 (w_1 k_{w1})^2 \frac{2\rho l_i}{p\tau\Delta} \frac{\xi_1 \int_0^{\xi_2} (\dot{E}_x \dot{E}_x^* + \dot{E}_y \dot{E}_y^*) d\xi}{\left| \int_0^{\xi_1} \dot{E}_x d\xi \right|^2}. \tag{21}$$

Prima parte a expresiei reprezintă valoarea rezistenței rotorului, dacă se neglijează efectul capetelor:

$$r_{20}' = m_1 (w_1 k_{w1})^2 \frac{2\rho l_i}{p\tau\Delta} = m_1 (w_1 k_{w1})^2 \frac{4\rho l_i}{\pi D\Delta}. \tag{22}$$

Coeficientul de majorare a rezistenței față de valoarea dată de (22) este

$$k_r = \frac{\xi_1 \int_0^{\xi_2} (\dot{E}_x \dot{E}_x^* + \dot{E}_y \dot{E}_y^*) d\xi}{\left| \int_0^{\xi_1} \dot{E}_x d\xi \right|^2}. \tag{23}$$

Relațiile de mai sus permit deci calcularea valorii rezistenței rotorului în formă de pahar. Însă sub forma aceasta relațiile nu sînt utilizabile din punct de vedere practic, datorită volumului mare de calcule. Se pot însă analiza două cazuri limită interesante, care duc la expresii simple.

Primul caz este acela în care se neglijează efectul reacției curenților din rotor asupra formei cîmpului rezultant în întrefier. În acest caz $k_1 = k_2 = 0$ și se obține

$$k_r = \frac{1}{1-\frac{\operatorname{sh}\xi_1 \operatorname{ch}(\xi_2-\xi_1)}{\xi_1 \operatorname{ch}\xi_2}} = 1 + \frac{1}{\xi_1[\coth\xi_1 - \frac{1}{\xi_1} + \operatorname{th}(\xi_2-\xi_1)]}. \tag{24}$$

Al doilea caz interesant este acela în care se consideră că pe porțiunea din întrefier liniile de curent sînt dispuse după generatoarele cilindrului rotorului, iar la capete se neglijează efectul cîmpului propriu: $k_1 = \infty$, $k_2 = 0$. Se obține

$$k_r = 1 + \frac{1}{\xi_1 \operatorname{th}(\xi_2-\xi_1)}. \tag{25}$$

Observăm că orice valoare a coeficientului de majorare a rezistenței k_r calculată cu ajutorul formulei (24) este cuprinsă între limitele

$$1 + \frac{1}{\xi_1} \frac{1}{1+\operatorname{th}(\xi_2-\xi_1)} \leqslant k_r \leqslant 1 + \frac{1}{\xi_1} \cdot \frac{1}{\operatorname{th}(\xi_2-\xi_1)}$$

pentru orice valori ale lui ξ_1 și ξ_2.

Calculele concrete au arătat că pentru valori ale lui k_1 și k_2 de ordinul unității sau mai mici, valoarea coeficientului k_r de majorare a rezistenței se apropie foarte mult de valoarea calculată cu ajutorul formulei (24). În servomotoarele bifazate de obicei $k_1 < k_r$, iar $k_r \leqslant 2$, deci condiția de aplicare a formulei (24) este îndeplinită, deoarece $k_2 < k_1$ ($k_2 = \frac{\delta_1}{\delta_2} k_1 \simeq 0{,}2k_1$).

Dacă $k_1 > 3$, trebuie aplicată formula (23), împreună cu expresiile (15) la (20). Chiar și în acest caz, se poate presupune $k_2 \simeq 0$. Dacă $k_2 > 3$, metoda elaborată în această lucrare nu mai poate fi aplicată, datorită aproximației prea mari făcută la considerarea influenței cîmpului propriu de la capetele rotorului. Însă acest caz nu se întîlnește în practică.

În concluzie, pentru majoritatea cazurilor practice ($k_1 \leqslant 2$), se poate utiliza formula

$$r_2' = k_r r_{20}'$$

unde

$$r_{20}' = m_1 (w_1 k_{w1})^2 \frac{4\rho l_i}{\pi D\Delta}.$$

$$k_r = 1 + \frac{D}{pl_i} \cdot \frac{1}{\coth\frac{pl_i}{D} - \frac{D}{pl_i} + \operatorname{th}\frac{2pb_r}{D}}.$$

Bibliografie

[1] *Lehtman I.I.*: Nagruzocinîe harakteristiki malomoșcinîh inducționnîh dvuhfazнîh dvigatelei, Avtomatika i Telemehanika, 14, (1953) 2.

[2] *Moser N.*: Geraüschuntersuchungen an elektrischen Maschinen, S.E.V., nr. 12 și nr. 20, 1935; nr. 6 și nr. 7, 1938.

[3] *Lopuhina E. M.*: Issledovanie asinhronnovo dvigatelia s rotorom v vide polovo țilindra. Elektricestvo, 1950, nr. 5.

[4] *Kagan B. M.* și *Narsidaze K.M.*: Dvuhfaznaia asinhronnaia mașina s tonkostennîm rotorom, Avtomatika i Telemehanika, 14 (1953) 2.

[5] *Iosifian A. G.*: și *Kagan B. M.*: Osnovî slediașcevo privoda, Gosenergoizdat 1954.

[6] *Cecet I. S.*: Upravliaemîi asinhronnîi dvigatel s polîm rotorom, Gosenergoizdat, 1955.

N O T E

Generalizarea metodei variaționale de stabilire a ecuațiilor telegrafiștilor pentru cazul liniilor disipative

P. G. O. FREUND — Timișoara*)

CZ 621.372.2 : 519.3

Într-o notă [2] prof. Edm. Nicolau a indicat o metodă variațională de stabilire a ecuațiilor telegrafiștilor în cazul liniilor nedisipative (rezistența pe unitatea de lungime dusîntors a liniei $R^* = 0$ respectiv coeficientul de atenuare $\beta^* = 0$). Cazul general al liniei disipative diferă de cel tratat în lucrarea prof. Edm. Nicolau prin faptul că, datorită lui $R^* \neq 0$[1]) apar pierderi Joule pe linie. Deci, spre deosebire de lagrangeanul folosit de prof. Edm. Nicolau care în definitiv este tocmai invariantul lui Larmor:

$$\mathfrak{L} = \frac{1}{2}(\mathbf{H}\cdot\mathbf{B}) - \frac{1}{2}(\mathbf{DE})$$

respectiv:

$$\mathfrak{L}_x^* = \frac{1}{2}(L^* i_x^2) - \frac{1}{2}(C^* u_x^2)$$

unde prin u_x și i_x s-au notat tensiunea, respectiv curentul la cota x la timpul t, noi vom folosi un lagrangean în care am introdus efectul Joule

$$\mathfrak{L} = \frac{1}{2}(\mathbf{HB}) - \frac{1}{2}(\mathbf{D}\,\mathbf{E}) - (\mathbf{JE})$$

respectiv:

$$\mathfrak{L}_x^* = \frac{1}{2}(L^* i_x^2) - \frac{1}{2}(C^* u_x^2) - \int_0^t i_x^2 R^*\,dt$$

sau cum $i_x\,dt = dq_x$

$$\mathfrak{L}_x^* = \frac{1}{2}(L^* i_x^2) - \frac{1}{2}(C^* u_x^2) - \int_0^{q_x} i_x R^*\,dq_x . \qquad (1)$$

Alegem drept potențial [2]:

$$\varphi = q_x \qquad (2)$$

de unde:

$$i_x = \frac{\partial q_x}{\partial t} \qquad (3)$$

$$u_x = -\frac{1}{C^*}\frac{\partial q_x}{\partial x} \qquad (4)$$

Scriem ecuațiile lui Euler-Lagrange:

$$\frac{\partial \mathfrak{L}}{\partial \varphi_i} - \frac{\partial}{\partial x^j}\left(\frac{\partial \mathfrak{L}}{\partial\left(\frac{\partial \varphi_i}{\partial x^j}\right)}\right) = 0 \qquad (5)$$

În (5) s-a adoptat convenția de sumare a lui Einstein.

În cazul nostru în (5) $i=1$ iar $j = 1,2$ corespunzător lui:

$$\varphi_1 = q_x \qquad (6)$$

și

$$x^1 = t \qquad (7)$$

$$x^2 = x$$

Ținînd seama de (1), (2), (3), (4), (6), (7), avem:

$$\frac{\partial \mathfrak{L}_x^*}{\partial \varphi_1} = \frac{\partial \mathfrak{L}_x^*}{\partial q_x} = -R^*\frac{\partial q_x}{\partial t} \qquad (8)$$

$$\frac{\partial}{\partial x^1}\left(\frac{\partial \mathfrak{L}_x^*}{\partial\left(\frac{\partial \varphi_1}{\partial x^1}\right)}\right) + \frac{\partial}{\partial x^2}\left(\frac{\partial \mathfrak{L}_x^*}{\partial\left(\frac{\partial \varphi_1}{\partial x^2}\right)}\right) =$$

$$= \frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial \mathfrak{L}_x^*}{\partial\left(\frac{\partial q_x}{\partial t}\right)}\right) + \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial \mathfrak{L}_x^*}{\partial\left(\frac{\partial q_x}{\partial x}\right)}\right) =$$

$$= \frac{\partial}{\partial t}\left(L^*\frac{\partial q_x}{\partial t} - \int_0^{q_x} R^*\,dq_x\right) + \frac{\partial}{\partial x}\left(-\frac{1}{C^*}\frac{\partial q_x}{\partial x}\right) \qquad (9)$$

Introducînd (8) și (9) în (5) se obține ținînd seama de (3) și (4):

$$-\frac{\partial u_x}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial t}(L^* i_x) + R^* i_x \qquad (10)$$

adică ecuația întîia a telegrafiștilor pentru linia cu pierderi.

Eliminînd pe q_x între (3) și (4) se obține și ecuația:

$$-\frac{\partial i_x}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial t}(C^* u_x) \qquad (11)$$

S-a presupus $G^* = 0$, deoarece în general $G^* \cong 10^{-7}\ \frac{\Omega^{-1}}{\text{km}}$ [1] [p. 307].

S-au obținut, deci, ambele ecuații ale telegrafiștilor (10) și (11) pentru linia cu $\beta^* \neq 0$.

Metoda variațională care nu introduce cuadripolul infinitesimal este mai naturală decît cea a cuadripolului infinitesimal și în același timp este mai generală deoarece ecuațiile lui Maxwell fiind generale permit tratarea și a cazului parametrilor neuniform repartizați (cum a subliniat și prof. Edm. Nicolau [2]).

Bibliografie

[1] *Pl. Andronescu*: Curs de electricitate și electrotehnică, vol. II Litografia Inst. Politehnic Timișoara, 1953.

[2] *Edm. Nicolau*: Electrotehnica, IV (1956) 4, p. 188 — 189.

[3] *Edm. Nicolau*: Metode variaționale și tensoriale în electricitate, Ed. Tehnica, București, 1956, p. 47—53.

*) *Tov. P.G.O. Freund* este student la Inst. Politehnic din Timișoara

[1]) Prin asterisc se indică mărimile lineice ale parametrilor.

Referate

Electrotehnica teoretică

CZ 621.3.014.31.012

Caracteristicile voltamper ale arcului electric de curent continuu şi alternativ. [După *P. V. Sergheev*, Elektricestvo, (1956) 12, p. 25—28].

Pînă în prezent nu s-a găsit încă o expresie matematică permiţînd determinarea caracteristicilor voltamper pe baza numărului restrîns de parametri cunoscuţi. În articol sînt date metodele folosite pentru obţinerea expresiei matematice a caracteristicii voltamper a arcului electric în baza analogiei dintre mecanismul transportării sarcinilor electrice între electrozii arcului şi electrozii unei băi cu electrolit acid. Transportul sarcinilor electrice între electrozi se determină în funcţie de repartiţia potenţialelor între ei. Prin aceasta apare evident că aceeaşi lege de repartiţie a potenţialelor între electrozi în diferite cazuri denotă acelaşi consum de energie pentru transportul sarcinilor electrice. După cum se ştie repartiţia potenţialelor între electrozii arcului electric şi băii de electroliză, prezintă acelaşi caracter din punct de vedere calitativ. Pe baza aceasta se deduce ecuaţia caracteristicii voltamper a băii electrolitice care apoi se extinde pentru cazul arcului electric.

Expresiile obţinute pentru caracteristicile voltamper în cazul arcului de curent continuu sînt valabile şi pentru valorile eficace ale arcului de curent alternativ, avînd în vedere că regimul termic în cele două cazuri este acelaşi.

Măsurătorile au dovedit o concordanţă destul de bună între rezultatele teoretice şi cele experimentale.

Totodată se oferă şi metoda de calcul a rezistenţei arcului în funcţie de temperatura mediului ambiant.

S. S.

CZ 621 316.313

Studii asupra unei microreţele. [După: *Robert R.*; L'Onde eléctr, 36 (1956), 353—354 p. 787—790].

Utilizarea modelelor pentru studiul reţelelor complexe prezintă o importanţă deosebită, întrucît permite efectuarea unui studiu mult mai rapid şi mai precis faţă de alte mijloace. În articol se dă descrierea generală a unei microreţele realizată în Franţa. Aceasta constă din modele ale alternatoarelor trifazate, turbinelor, transformatoarelor şi liniilor, în general de mică putere, care trebuie să satisfacă la anumite legi de similitudine. Se expun domeniile de utilizare ale microreţelei legate de studiul stabilităţii reţelelor la diferite fenomene tranzitorii, al diferitelor caracteristici ale maşinilor electrice, al influenţei unor dispozitive noi asupra reţelelor, al dezechilibrelor etc. În încheiere se indică anumite perfecţionări care pot fi obţinute prin folosirea microreţelei.

Gh. R. I.

Maşini şi transformatoare electrice

CZ 621.316.7.077.2 :621.313.333.025.2

Calculul caracteristicilor de lucru ale servomotoarelor bifazate şi ale tachogeneratoarelor. [După *Kasprjak G. M.* şi *Slepuşkin E. I.*, Avtomatika i Telemecanika, 17 (1956) 9, p. 811-817].

Articolul tratează în cazul general modul de funcţionare al unui motor de inducţie bifazat pentru o alimentare asimetrică. După ce se expun fenomenele care au loc într-un motor de inducţie bifazat în cazul unei alimentări asimetrice, precum şi metoda de analiză corespunzătoare, se calculează caracteristicile mecanice şi electrice de funcţionare în acest caz, ca şi în cazul unui tachogenerator. Modul de calcul se bazează pe descompunerea mărimilor nesimetrice în componente simetrice. Rezultatele calculelor sînt comparate cu date obţinute pe cale experimentală.

Gh. R. I.

CZ 621.313.323.013.8

Motor sincron cu excitaţie mixtă. [După *V. I. Inosov* şi *V. E. Krutikova*, Electricestvo (1956) 6, p. 25—29].

Prin compararea diverselor procedee de mărire a factorului de putere, s-a ajuns la concluzia că mijlocul cel mai direct îl constituie folosirea alături de motoarele asincrone în scurtcircuit, a motoarelor sincrone lucrînd cu factor de putere ridicat, sau lucrînd chiar în regim de generator. Concluzia firească este mărirea producţiei de motoare sincrone lucrînd la puteri pînă la 100 kW.

În cele ce urmează se arată particularităţile motoarelor sincrone fără excitatoare, primind alimentarea de la indus prin redresoare. Înlocuirea excitatoarei prezintă mare interes pentru exploatare, deoarece această maşină scumpeşte considerabil costul motorului sincron şi pentru că statisticile au arătat că 83% din avariile generatoarelor de mică putere survin din cauza excitatoarei. Pe lîngă aceste considerente folosirea redresoarelor de germaniu ar permite obţinerea unor randamente foarte mari.

În articol se arată metoda de calcul a caracteristicilor de lucru ale motoarelor cu excitaţie mixtă, a puterii maxime produse şi a tensiunii minime admisibile. În continuare sînt redate rezultatele cercetărilor experimentale cu aceste motoare.

În concluzie, se fac următoarele constatări cu caracter general:

1. Factorul de putere al motorului este menţinut egal cu unitatea pentru limite ale sarcinii cuprinse între valoarea nominală şi 25% suprasarcină.

2. Raportul între cuplul maxim şi cel nominal din punctul de vedere al stabilităţii statice este de acelaşi ordin cu cel al motoarelor de alte tipuri. Stabilitatea dinamică este satisfăcătoare pentru exploatare. Stabilitatea motorului la reducerea tensiunii este foarte ridicată.

3. Pornirea motorului este simplă şi poate fi uşor automatizată.

4. Pentru aceeaşi putere şi turaţie, randamentul motorului sincron cu excitaţie mixtă este la fel de mare cu al motoarelor normale sincrone sau asincrone.

5. Greutatea, dimensiunile şi costul sînt de asemenea egale cu ale motorului asincron cu rotor bobinat.

Încercările s-au executat în laboratoarele unuia din institutele pentru electrificare a agriculturii din U.R.S.S.

S. S.

CZ 621.313.048

Execuţia izolaţiei maşinilor electrice moderne de mare putere [*După*: *F. T. Suhovukov*, Electricestvo (1956) 4, p. 52—55].

Se constată din experienţă că în momentul de faţă, crestăturile statorice ale maşinilor care lucrează la înaltă tensiune au factori de umplere cu material activ, extrem de reduşi. Se trece la o analiză amănunţită a cauzelor care au dus la această stare de lucruri şi s-au tras următoarele concluzii:

1. Izolaţia dintre spire executată din două straturi de micabandă şi un strat de hîrtie are indici tehnici şi economici foarte scăzuţi.

2. Izolaţia faţă de corp se face prea groasă fapt care reduce considerabil conductibilitatea termică.

3. Banda de mică în calitate de izolant de bază are rigiditate dielectrică şi rezistenţă termică relativ redusă din cauza conţinutului ridicat de materiale organice (50% din izolant este constituit din hîrtie şi lac) ceea ce duce la o îmbătrînire rapidă a materialului.

Aceste dezavantaje pot fi înlăturate şi se poate ajunge la factori de umplere mult mai ridicaţi, numai pe baza trecerii la folosirea materialelor noi cu proprietăţi izolante excepţionale. Pentru viitorul apropiat, mari speranţe oferă materialele organice pe bază de siliciu care prin proprietăţile lor ar putea să înlocuiească izolanţii pe bază de micabandă.

În prezent, totuşi, fabricarea acestor izolanţi nu este încă pusă la punct, deci pentru ameliorarea imediată a factorilor de umplere se fac următoarele propuneri:

1. Înlocuirea conductoarelor izolate cu bumbac cînd spirele sînt constituite din unul sau două conductoare care au izolaţie suplimentară din micabandă cu conductoare blanc.
2. Înlocuirea conductoarelor izolate cu azbest cu conductoare izolate cu un singur strat de sticlă sub 0,15 mm grosime pentru ambele părţi.
3. Folosirea micabandei pe bază de mătase pentru izolaţia de bază a înfăşurărilor statorice între spire, în locul micabandei executate pe bază de hîrtie.
4. Trecerea la izolaţii mai subţiri faţă de masă folosindu-se micabandă de 0,1 mm în locul micabandei de 0,15 mm.

Datorită acestor măsuri se poate ajunge la mărirea factorului de umplere a crestăturilor statorului cu 20—30% fapt care poate duce la o sporire considerabilă a gradului de utilizare a gabaritelor actuale ale maşinilor electrice. *S.S.*

CZ 621.313.323 :621.51

Electromotoare sincrone pentru acţionarea compresoarelor [După *I. B. Neiman* şi *G. I. Sur*, Electricestvo (1956) 4, p. 23—27.]

În articol se ia în discuţie problema motoarelor sincrone pentru acţionarea compresoarelor cu piston. Deoarece cuplul rezistent al compresorului variază periodic, la arborele motorului de acţionare apar oscilaţii care la rîndul lor produc oscilaţii ale curenţilor absorbiţi din reţea.

În exploatare au fost admise variaţii limită ale curentului motorului de ±33% faţă de valoarea nominală cărora le corespund oscilaţii ale polilor de la ±7 la 10 grade electrice.

Pentru a putea limita oscilaţiile la valorile cerute s-a recurs la executarea rotorului cu greutate mărită. De obicei, din calcule rezultă pentru rotor un moment de inerţie cu mult mai mare decît cel ce se obţine la proiectarea sa normală. Pe baza considerentelor de exploatare s-a ajuns la concluzia construcţiei rotorului de greutate normală la care se ataşează un volant cu diametrul mărit.

Mai departe, se arată că pentru mărirea momentului de inerţie al rotorului nu este necesară numai mărirea diametrului ci şi a pasului polar al acestuia. Acest fapt prezintă avantajul unei răciri mai bune a maşinii şi, prin urmare, permite o inducţie mai ridicată în întrefier şi o densitate mai mare de curent.

În continuare este redată metoda de calcul a consumului de materiale active, iar din figuri reies particularităţile constructive ale acestui tip de maşini.

Printre dezavantajele acestei construcţii trebuie menţionată dificultatea schimbării secţiilor înfăşurării statorice.

Motoarele de compresor de tipul descris se execută în cantităţi mari şi experienţa a dovedit că soluţia descrisă a adus mare economie de materiale şi a mărit siguranţa în exploatare. *S. S.*

CZ 621.314.222.015.33

Transformatoare, impulsuri şi modele. [După : *B. Cerretelli*, L'Elettrotecnica, 43 (1956) 8, p. 394—410.]

Articolul începe cu o trecere în revistă a principiilor ce stau la baza distribuţiei tensiunii în lungul înfăşurării unui transformator în regim tranzitoriu, amintindu-se fenomenele de rezonanţă ce apar precum şi măsurile ce s-au luat pentru preîntîmpinarea acestor fenomene, măsuri care au dus la realizarea transformatoarelor aşa zise rezonante. Se dezvoltă apoi relaţiile matematice referitoare la distribuţia tensiunii în lungul unei înfăşurări de transformator în cazul impulsurilor de tensiune. În continuare se arată că pentru a se micşora gradientul de tensiune ce se manifestă pe primele spire în cazul undei de impuls se utilizează inelele echipotenţiale şi se dau oscilograme care dovedesc acest lucru. Apoi se amintesc caracteristicile primelor transformatoare de 220 kV construite în Italia.

Întrucît nu se poate face pe bază de calcul un studiu simplu al solicitărilor în timp şi spaţiu, din cauza diverselor forme complicate pe care le au înfăşurările transformatoarelor moderne, s-a recurs la modele. Modelul geometric nu este actualmente posibil în practică iar modelul pe baza circuitului echivalent nu se pretează pentru studiul distribuţiei tensiunii în lungul înfăşurării în cazul undelor de impuls. De aceea s-a recurs la un alt tip de model, denumit electromagnetic. Autorul tratează pe larg acest tip de model, dînd caracteristicile lui şi scoţînd în evidenţă cîteva inconveniente, care însă nu duc la rezultate afectate de erori inadmisibile. Se dau apoi date asupra dimensiunilor pe care pot să le ia modelele electromagnetice precum şi asupra rezultatelor obţinute prin utilizarea acestor modele în proiectarea şi construirea unor transformatoare de 220 kV. Se compară oscilogramele ridicate pe model cu cele ridicate pe transformatorul gata executat şi se arată că diferenţele valorilor maxime sînt de 7—8%.

În încheiere, se arată că deşi modelele sînt foarte utile în special cînd se construiesc tipuri noi de transformatoare, totuşi nu trebuie să se abuzeze de ele deoarece se fac cheltuieli inutile întrucît în multe cazuri experienţa şi intuiţia proiectanţilor poate să le suplinească. *C.P.*

CZ 621 :313.322—81—713

Răcirea cu lichid a înfăşurărilor turbogeneratoarelor. [După : *C. E. Kilbourne* şi *C. H. Holley*; Electr. Engng,75 (1956) 5, p. 436—441.]

Mărirea continuă a puterilor unitare ale turbogeneratoarelor a impus constructorilor adoptarea unor soluţii noi pentru evacuarea căldurii produse în înfăşurarea statorică. De la început atenţia a fost reţinută de două metode : răcirea cu gaz şi răcirea cu lichid. Ultima s-a dovedit a fi practic mai oportună. În 1955 a fost realizat şi încercat primul turbogenerator de 260 MVA, 3 600 rot/min, 18 kV, avînd răcirea cu lichid a statorului. Noul sistem de răcire ridică numeroase probleme. În ceea ce priveşte agentul de răcire se arată că lichidele (ulei, piranol, apa) necesită cele mai mici spaţii de trecere pentru o aceeaşi cantitate de căldură vehiculată. Dat fiind că lichidul de răcire trebuie să posede calităţi dielectrice şi stabilitate chimică şi termică, s-a ales uleiul de transformator. Alte probleme sînt de natură constructivă : răcirea conductoarelor prin suprafaţa interioară sau exterioară, modul de realizare al conexiunilor electrice şi hidraulice, repartizarea temperaturilor în înfăşurări etc. Pentru definitivarea conexiunilor electrice şi hidraulice s-au executat 11 variante, fiecare supunîndu-se unor verificări serioase. Răcirea cu lichid face posibilă construirea turbogeneratoarelor pînă la 500 MVA. *I. C.*

CZ 621.314.2 :621.317.611

Determinarea raportului de spire al unui transformator. [După : *G. Venni*; L'Energia elett 33 (1956)6, p. 621—628].

Se analizează cu ce precizie se poate determina raportul spirelor unui transformator, luîndu-se ca punct de plecare ecuaţiile ce leagă curenţii şi tensiunile cu impedanţele circuitului echivalent *T*. Pentru ca să se obţină o precizie cît mai mare trebuie să se stabilească un circuit *T* care să dea o reprezentare cantitativă a fluxurilor şi forţelor magnetomotoare celor reale. Se tratează întîi circuitul *T* reprezentînd funcţionarea unui transformator în gol, neglijînd pierderile. Se fac apoi o serie de artificii pentru a se lua în consideraţie pierderile în cupru şi pierderile în fier, ajungîndu-se astfel la un circuit echivalent care ţine seamă de toate pierderile, cu excepţia curenţilor capacitivi. Călăuziţi de acest circuit se poate determina experimental raportul de spire. Se dau rezultatele obţinute în măsurătorile făcute pe un transformator cu 4 înfăşurări. În încheiere se arată că nu se poate determina exact raportul spirelor unui transformator şi nici aproximaţia care se poate face, deoarece se neglijează curenţii capacitivi între spire, între înfăşurări şi între înfăşurări şi cuvă, curenţi care au valori diferite pentru fiecare transformator în parte. *C.P.*

CZ 621.314.2.002(430)

Construcţia de transformatoare în R.F.G. [După : *K. Hurke*; Elektrotechn. Z.-A. 77 (1956) 18, p. 634—637.]

Folosirea tolelor laminate la rece. În construcţia miezurilor magnetice ale transformatoarelor s-au introdus în ultimul timp tolele laminate la rece. Cercetările experimentale făcute au stabilit pierderile şi permeabilitatea magnetică ce pot fi obţinute în condiţiile reale de construcţie la miezurile magnetice din acest gen de tole. La miezul unui transformator de 10 MVA, cu îmbinarea tolelor sub un unghi de 45° şi strîngerea cu bolţuri se pot obţine pierderi pînă la 1,45 W/kg la o inducţie de 15000 Gauss, faţă de 2,6 W/kg obţinute la un miez analog realizat cu îmbinare normală din tole laminate

la cald care au o pierdere specifică de 1 W/kg la 10000 Gauss. Miezurile magnetice din tole laminate la rece sînt mai scumpe atît din cauza materialelor cît şi a tehnologiei. Industria electrotehnică din RFG foloseşte oţel pentru laminat la rece din import; producerea acestui material în RFG este posibil în cel mai bun caz numai în 1957.

Zgomotul produs de transformatoare. Nivelul zgomotului depinde de puterea transformatorului, construcţia miezului magnetic, a căruciorului şi cuvei şi în special de fenomenele din interiorul sistemului magnetic şi deci ca urmare a inducţiei în fier. Fiindcă scăderea inducţiei duce la scumpirea transformatorului s-au propus alte măsuri dintre care o atenţie specială merită dispozitivele amortizoare, care permit o reducere esenţială a zgomotului. Acestea au şi avantajul că pot fi adaptate chiar la transformatoare în funcţiune. Reduceri însemnate ale zgomotului pot fi obţinute prin perfecţionarea ventilatoarelor (în ce priveşte aşezarea lor şi forma paletelor) la transformatoarele cu răcire forţată şi prin perfecţionarea clădirilor unde sînt instalate transformatoarele. Totuşi aceste măsuri necesită cheltuieli suplimentare şi de aceea sînt întodeauna avuţi în vedere factorii economici şi condiţiile locale.

Mărirea puterilor. Cel mai mare transformator trifazat ridicător pus în exploatare în 1955 are următoarele caracteristici: puterea 200 MVA; raportul 10,5/245 kV; greutatea totală inclusiv uleiul cca. 200 t. De menţionat că punctul neutru al părţii de 245 kV are izolaţie plină, iar la miezul magnetic au fost folosite tole laminate la cald cu pierderi specifice de 1 W/kg. În ultimii ani în RFG a apărut tendinţa ca în locul transformatoarelor suplimentare şi a autotransformatoarelor pentru reglajul tensiunii să se construiască dispozitive de reglaj incluse în transformatorul principal. Această tendinţă se explică, pe de o parte prin trecerea la sistemul de legare directă a punctului neutru de la 220 kV şi pe de altă parte prin folosirea tolelor laminate la rece. De notat fabricarea de transformatoare coborîtoare de 220/110/10,5 kV cu putere de 200 MVA pe unitate, cu reglajul tensiunii în limitele $\pm 11\%$ şi transformatoare ridicătoare de 250 MVA, 10,5/245 kV cu acelaşi fel de reglaj. În 1955 s-au primit primele comenzi pentru transformatoare cu tensiunea de 380 kV. S-a pus problema fabricării de autotransformatoare monofazate de 220 MVA cu tensiunea de $\frac{400}{\sqrt{3}} / \frac{231}{\sqrt{3}}$ cu reglajul tensiunii sub sarcină în limitele $\pm 18\%$.

Transformatoare cu destinaţie specială. Pentru întreprinderile industriale, în special pentru uzinele chimice, se folosesc transformatoare umplute cu klofen (ulei sintetic). Aceste transformatoare, a căror putere maximă este de 15 MVA, sînt mai scumpe decît cele cu ulei obişuit şi au un dezavantaj în ceea ce priveşte realizarea comutatoarelor de tensiune, deoarece klofen-ul sub acţiunea arcului electric se descompune.

În legătură cu tendinţa instalării transformatoarelor în centrele de consum, se fabrică tipuri speciale cu tensiunea înaltă de 10—20 kV adaptabile atît pentru instalaţii exterioare cît şi interioare.

De menţionat lărgirea domeniilor de utilizare, în special pentru serviciile interne din centrale, a transformatoarelor uscate, ca urmare a folosirii izolanţilor pe bază de materiale organice cu siliciu. Sînt mult cerute transformatoarele fără pericol de explozie, pentru mine, avînd puterea pînă la 500 kVA. Pentru locomotive electrice se fabrică transformatoare de 3100 şi 4900 kVA, 162/3 Hz, cu comandă pe partea de înaltă tensiune.

Bobine de stingere pentru compensarea curenţilor capacitivi ai reţelelor cu neutru izolat se construiesc cu reglarea continuă a inductanţei, printr-un miez mobil. Cea mai mare bobină de acest fel are puterea de 10 MVA şi tensiunea de $110\sqrt{3}$ kV.

P. C.

CZ 621.313.322.026.645.01—81

Examinarea unui turbogenerator de 44000 kVA în regim asincron. [După: *Csáki Frigyes*, Elektrotehnika, 49(1956)8, pag. 229—239].

În ce priveşte funcţionarea generatoarelor sincrone în regim asincron au existat pînă nu de mult foarte multe păreri greşite, ca de exemplu se presupunea existenţa unei alunecări (Slip) de 2—5 % şi în consecinţă pierderi mari în rotor. Autorul dă în articol rezultatele unor încercări realizate pe un turbogenerator de 44000 kVA din centrala electrică din Budapesta în scopul de a lămuri posibilităţile funcţionării turbogeneratorului în cazul lipsei excitaţiei cu bobinajul rotoric scurtcircuitat. Din experienţele făcute se constată că alunecările (slip-ul) măsurate în funcţie de sarcina rămasă în continuare pe turbogenerator după scurtcircuitarea rotorului se stabilesc între 0,02—0,05 %, deci frecvenţa curentului rotoric este foarte mică (semiperioada durează mai multe zeci de secunde), şi deci pierderile în rotor sînt foarte mici. Autorul dă o metodă de calcul teoretic a curbei cuplului, rezultatele experienţelor fiind foarte apropiate. În concluzie se arată că există posibilităţi de funcţionare a generatoarelor sincrone şi în regim sincron de exemplu pe timp scurt în caz de pierdere a tensiunii.

O. S.

CZ 621.313.382.025.3

Cîteva probleme ale motoarelor trifazate cu colector. [După: *Bogdan Mihály*, Elektrotechnika, 49 (1956) 8, p. 239—247].

Autorul arată o deducere teoretică a funcţionării motorului cu colector trifazat din motorul asincron cu inele colectoare. Se explică diagrama cercului în cazul unui motor alimentat la stator în timpul reglajului. Se arată importanţa tensiunii de compensaţie. Pe urmă autorul se ocupă cu problemele schimbării sensului de rotaţie a comutaţiei şi a puterii maxime la un motor alimentat la rotor. În această legătură se tratează probleme de bobinaj şi punctele de vedere în ce priveşte proiectarea. De asemenea este descris un comutator de frecvenţă şi aplicaţiile lui. Ca încheiere se dă o metodă pentru construirea diagramei cercului şi a determinării cuplului la un motor cu colector alimentat cu frecvenţă joasă.

O. S.

CZ 621.313.322.8—712

Turbogeneratoare cu răcire cu hidrogen. [După: *Lukács Károly*, Elektrotechnika, 49 (1956) 7, pag. 213—222].

Autorul tratează problemele ce le ridică introducerea răcirii cu hidrogen a marilor turbogeneratoare şi soluţiile date de diferiţi constructori în diferite ţări. În R.P.U. problema construirii unui turbogenerator de 50 MW a fost rezolvată aplicînd răcirea cu hidrogen. În articol se arată unele dificultăţi ivite cu ocazia proiectării şi execuţiei acestui turbogenerator. Autorul arată în comparaţie soluţiile adoptate în alte ţări în special în ce priveşte aşezarea răcitoarelor şi a presetupelor la arbore. De asemenea se arată în articol modalităţile uzuale de răcire a bobinelor prin goluri lăsate chiar în conductoare.

O. S.

CZ 621.373.1.029.424

Generatoare pentru producerea de tensiuni sinusoidale de frecvenţe minime. [După: *Günther Wolff*; Elektrotechn. Z-A, 77 (1956), nr. 9, p. 267—270]

Pentru trasarea locurilor geometrice ale elementelor în circuitele de reglaj sau de control sînt necesare generatoare de oscilaţii sinusoidale de diverse frecvenţe. În articol se descriu trei tipuri de generatoare de tensiune pentru scopurile de mai sus: unul de tip electrolitic, al doilea cu rezistenţă şi al treilea, inductiv. Aceste generatoare pot fi utilizate fără intermediul vreunui amplificator. Se arată că aceste generatoare debitează tensiuni sinusoidale cu frecvenţe joase şi pînă la frecvenţa maximă de 10 Hz. În continuare se arată avantajele şi dezavantajele generatoarelor descrise. Astfel tipul electrolitic nu este indicat pentru cazul întrebuinţării continue. Tipul cu rezistenţă cu o tensiune aplicată de 60 V debitează o putere de 25 W cu un randament de 35 %. Această putere se poate majora apreciabil dacă se utilizează un material care suportă din punct de vedere termic o supraîncărcare şi dacă se prevede o ventilaţie. Tipul al treilea este constituit dintr-un stator cu trei elemente conexate în triunghi şi un rotor monofazat. Pentru obţinerea unei tensiuni sinusoidale

se excită statorul cu o sursă monofazată, cîmpul fiind format numai din două înfăşurări, se obţine o componenţă alternativă monofazată în spaţii care exercită o inducţie în rotor. Tensiunea aplicată în stator are o frecvenţă de 500 Hz în timp ce rotorul este acţionat de un motoraş de curent continuu cu viteză reglabilă. Pentru o rezistenţă de sarcină de 10 Ω şi mai mult, forma curbei este independentă de sarcină. Cu o tensiune aplicată de 120 V puterea debitată este de 45W cu un randament de 70 %.

M. P.

Măsurători şi instrumente de măsură electrice

CZ 621.316.12 :621.317 :785.025.1

Măsurarea energiei în reţele de curent continuu cu contor monofazat de inducţie. [După : *G. Savastono* şi *Perez de VeraM.* ; L'Energia elettr. 33(1956)6, p. 607—620].

Pentru a elimina o serie de inconveniente pe care le prezintă dispozitivele electrodinamice obişnuite în măsurările de energie în instalaţiile de curent continuu, autorii au studiat un dispozitiv construit dintr-un contor monofazat de inducţie obişnuit, a cărui bobine de curent şi tensiune sînt alimentate prin intermediul unui transductor ampermetric şi a unui transductor voltmetric. Cele două transductoare transformă curentul şi tensiunea continuă în curent şi tensiunea alternativă.

În articol se descrie componenţa şi funcţionarea dispozitivului de măsură, dîndu-se totodată date asupra etalonării unui astfel de dispozitiv de măsură realizat.

Dispozitivul de măsură prezintă avantaje mai ales pentru cazurile în care ambii factori ai energiei, tensiunea şi curentul, prezintă mari şi rapide variaţii, cum este cazul laminoarelor, maşinilor de ridicat etc., pentru care dispozitivele obişnuite de măsură prezintă inconveniente provocate de inerţia lor şi frecările între perie şi colector.

În anexă este dată metoda de calcul pentru dimensionarea transductoarelor.

C. P.

CZ 621.314.222.8.027.8

Transformatoare de tensiune cu miez în formă de bară pentru tensiunile foarte înalte [După : *L. Erhart* ; Bull. A.S.E., 47(1956)25, p. 1150—1155.]

După ce se arată pe scurt principiul transformatoarelor de tensiune cu miez în formă de bară, deci cu circuit magnetic deschis, se fac o serie de considerente asupra preciziei de măsură, arătîndu-se totodată metodele de compensare a defazajului în cazul în care se doreşte să se obţină transformatoare de măsură de clasă de precizie mai ridicată decît 0,5. Apoi se arată modul în care se poate determina curentul de gol, folosind modelul de calcul pentru inductanţe şi în ce măsură poate să fie influenţată clasa de precizie a transformatorului de măsură de montajul într-o construcţie de fier sau în apropierea unor altor transformatoare de tensiune sau curent. În încheierea articolului se dau cîteva date referitoare la rezistenţa izolaţiei la diversele încercări de rigiditate (50 Hz şi impuls). Pentru exemplificarea tuturor celor afirmate în articol s-a ales un transformator de tensiune pentru 220 kV.

C. P.

CZ 621.317.333.6.024 :621.31312

Măsurători cu tensiuni înalte de curent continuu la materiale izolante pentru generatoare. [După : *Wichmann Arnold* ; Elektrotechn. Z.—A, 77(1956) 10, p. 289—294].

În diferite ţări s-au întreprins măsurători cu curent continuu pentru determinarea stării izolaţiei la maşinile electrice. Totuşi rezultatele au dus la foarte diferite obiecţiuni asupra procedeelor în încercări. Din această cauză s-au făcut, cu aceleaşi procedee în laborator, încercări asupra înfăşurărilor maşinilor şi anume : asupra izolaţiilor de Schellack — micafoliu, părţilor sale componente asupra tecilor din mică şi Schellack şi asupra barelor izolate, la tensiuni înalte.

Acestea trebuiau să informeze asupra curenţilor de postîncărcare (Nachladung) şi descărcare şi asupra raportului lor faţă de curentul de izolaţie constant în timp, ambele mărimi satisfăcînd legea $i = i_0 \left(\frac{t}{T}\right)^{-n}$.

Se arată în continuare, dependenţa curenţilor de încărcare şi de izolaţie faţă de tensiune ca şi influenţele umidităţii şi temperaturii. Rezultatele sînt expuse în curbele curenţilor în funcţie de timp. Se expun încercările făcute asupra plăcilor de Schellack micafoliu ca şi asupra barelor izolate de generatoare ; la acestea din urmă se arată procedeele în încercări. Tot la barele izolate se arată măsurătorile făcute la bare cu izolaţii noi şi la altele cu izolaţii îmbătrînite ; se arată de asemenea recunoaşterea deteriorărilor mecanice.

M. P.

CZ 621.314.224

Transformatoare de curent Oerlikon. [După : *A. Ernst* ; Bul. Oerlikon, (1956) 316, pag. 44—53].

După destinaţia transformatoarelor de curent, deosebim : transformatoare de măsură şi transformatoare de protecţie. Transformatoarele de măsură, trebuie să prezinte erori cît mai reduse, într-o zonă cuprinsă între valori mici de curent pînă la circa 20 % supraintensitate, transformatoarele de protecţie prezintă o mai mică precizie decît primele, însă limitele de supraintensitate mult mai ridicate, pînă la 20 ori curentul nominal, după protecţia căreia îi este destinat.

Teoria şi funcţionarea unui transformator de curent în principiu, se bazează pe aceleaşi legi ca şi un transformator de putere monofazat. De menţionat, că, curentul primar nu depinde de consumaţia circuitului secundar, însă el este determinat de reţeaua primară.

Datorită faptului că, curentul de mers în gol I_0, nu este transformat în curent secundar, apar erorile de măsură : eroarea de curent (raport) f şi eroarea de unghi δ. Pentru I_0, f şi δ, se stabilesc relaţii, care permit să se ţină cont de modul în care mărimile esenţiale în dimensionarea unui transformator de curent, influenţează asupra proprietăţilor sale. Cele mai importante sînt :

a) Secţiunea fierului.
b) Numărul spirelor.
c) Calitatea tolei magnetice (tolă normală cu siliciu ; tolă cu siliciu laminată la rece şi suferind un uşor tratament termic ; aliaje fero-nichel, ca Permalloy, Mumetal, etc.).
d) Factorul de putere al sarcinii.

Corecţia erorii de curent se face prin micşorarea raportului de transformare. Precizia corecţiei depinde de numărul de spire secundare şi anume, cu cît este mai mare, cu atît şi treptele de ajustare sînt mai mici. Un curent secundar mic (1A) măreşte mult posibilitatea unei corecţii mai fine.

Cerinţele impuse unui transformator de curent, sînt ilustrate prin clasele de precizie. La stabilirea curbei erorii admisibile, stau la bază principii care diferă de la o ţară la alta. Caracteristice sînt : normele europene, normele engleze şi normele americane.

Condiţii impuse unui transformator de curent, diferă după cum este destinat a lucra ca transformator de măsură sau ca transformator de protecţie.

Gh. B.

CZ 621.314.224

Transformatoare de curent Oerlikon (II) [După : *A. Ernst* ; Bull.Oerlikon, (1956) 317, p. 64—73].

Forma constructivă a transformatoarelor de curent, diferă după curentul şi tensiunea nominală, după destinaţia de a lucra în interior sau în exterior şi după cum este cu înfăşurarea primară cu conductor unic sau bobinată.

În construcţia transformatoarelor cu conductor unic sau de trecere, se utilizează în unele ţări, montarea transformatoarelor de curent în corpul izolatoarelor de trecere ale disjunctoarelor cu ulei şi transformatoarelor de putere. Întrucît spaţiul este restrîns, transformatoarele se fac cît mai mici şi de formă adecvată, încît nu pot avea un factor de saturaţie prea ridicat. Pentru curenţi primari mici, se întrebuinţează pentru circuitul magnetic, tole din aliaje fero-nichel sau o înfăşurare specială a secundarului, cu scopul de a lucra în zona de maximum de permeabilitate a materialului.

Transformatoarele cu înfăşurarea primară bobinată, se execută cu prize pe primar, dacă nu se cere rezistenţă la curenţi de scurtcircuit (cazul transformatoarelor de laborator), sau cu înfăşurare primară divizată şi posibilitatea de montare

serie, paralel sau combinat, a secţiilor, în cazul că se cere o rezistenţă mărită la scurtcircuit.

Transformatoarele de curent trebuie să reziste la curentul de scurtcircuit cel mai mare din locul unde este instalat. Pentru transformatoarele normale, se poate admite ca factor de supraintensitate 100 la 1 s, şi curent de vîrf 2,5 × factorul de supraintensitate.

Sarcina unui transformator de curent se compune din impedanţa aparatelor de măsură şi a firelor de conexiune de transformator. Se poate ajunge ca ultimele să consume o putere mai mare decît primele, fapt care ne conduce la fixarea curentului nominal secundar al transformatoarelor de curent la 1A. Dezavantajul este că la funcţionarea transformatorului cu secundarul deschis, pot apare tensiuni induse foarte mari. Sarcina nominală a transformatorului de curent, trebuie aleasă totdeauna cît mai apropiată de cea care se prezintă în serviciu.

Pentru construcţiile tipice de transformatoare de curent pentru interior, se indică construcţii în aer liber, în cuvă cu ulei şi în răşină de turnare — orlit. Ultimul tip de construcţie şi cel mai recent. prezintă volum şi greutate mult mai mici decît celelalte, sînt mai robuste şi permit montarea în orice poziţie.

Pentru transformatoarele de curent lucrînd în exterior, se întrebuinţează construcţii izolate în hîrtie de cablu impregnată în ulei. Firma Oerlikon construieşte asemenea transformatoare de curent pentru tensiuni de 60—220 kV.

Ca tendinţe de dezvoltare în construcţia transformatoarelor de curent, se relevă întrebuinţarea ca izolant a răşinii „orlit" pentru transformatoare de interior şi a hîrtiei de cablu impregnată în ulei, pentru transformatoarele de exterior. Pentru circuitul magnetic, se întrebuinţează tola cu siliciu laminată la rece şi aliaje speciale magnetice atunci cînd cerinţele sînt mari.

Gh. B.

Aparate electrice

CZ 621.318.3.015.3

Analiza regimului tranzitoriu al unui electromagnet de curent continuu cu întreruptor. [După : *Lee T. H.*, Trans. Amer. Inst. electr. Engrs. 74 (1955) prt. II, p. 25—30].

Articolul analizează caracteristicile dinamice ale unui electromagnet de curent continuu cu întreruptor, avînd conectată o capacitate în paralel cu întreruptorul. După ce se studiază caracteristicile dinamice datorate cuplajului electromecanic între bobina electromagnetului şi armătura întreruptorului, se analizează în două etape performanţele de întrerupere ale întreruptorului, determinarea forţei necesare pentru întrerupere şi calculul tensiunii de-a lungul întreruptorului. Se calculează apoi curba deplasării armăturii în funcţie de timp, rezultatele astfel obţinute fiind comparate cu date experimentale. În ultima parte se iau în considerare influenţele introduse în calcule de către variaţiile inductanţelor bobinelor în funcţie de timp.

Gh. R. I.

CZ 621.316.925.44

Utilizarea economică a bimetalului în declanşatoare termice. [După : *Kirchdorfer, J.*; Bull. A.S.E., 47(1956)11, p. 517—523].

Principalele calităţi ce se cer unui declanşor termic sînt : durabilitate în funcţionare, rezistenţă bună la trepidaţii, siguranţă la scurtcircuite, posibilitatea unei game întinse de curenţi nominali.

Autorul arată cum se poate construi cît mai economic un declanşor termic care să respecte cît mai bine condiţiile de mai sus. După ce se justifică simplificările făcute pentru uşurarea studiului, autorul determină de la ce valoare a curburii sau a curentului vin în contact cu levierul de declanşare lamele bimetalice şi în ce moment trebuie să se înceapă deplasarea clichetului cînd se fixează, pentru un curent determinat, o valoare maximă a lucrului mecanic necesar deschiderii, corespunzătoare la o bună comportare la trepidaţii. În încheiere se arată care este raportul între volumul de compensaţie şi cel de declanşare pentru a se obţine bimetalul cu o cheltuială minimă.

C. P.

CZ 621.316.,7.064.45

Un nou întreruptor cu aer comprimat. [După : *C. C. Smith* şi *D. H. Mc Klough*; Electr. Engng, 75(1956)5, p.446—450].

Se descrie un întreruptor de 5 000 MVA care îmbină avantajele utilizării aerului comprimat ca mediu de stingere şi de izolare, cu cele ale întreruptoarelor în ulei : menţine reductoare de intensitate tip de trecere şi izolatoare de tip condensator, utilizate ca sursă de joasă tensiune pentru aparate şi relee. Unitatea construită este monopolară de 69 kV şi 2 500 MVA. Pentru tensiuni sau puteri multiple se pot conecta mai multe unităţi în serie electric şi în paralel pneumatic. Pentru egalizarea solicitării electrice se montează între unităţi capacităţi de şuntare. Utilizarea aceluiaşi tip de întreruptor pentru diverse tensiuni şi puteri prezintă avantajul echipării cu aceleaşi piese în instalaţia pneumatică. Întreruptorul este dotat cu un dulap de comandă în care sînt montate relee, cutii terminale, siguranţe, termostat, ventile de siguranţă şi de alarmă, blocaje, butoane de acţionare etc. Aerul comprimat este furnizat de un compresor cuplat cu un rezervor de aer. În circuitul aerului sînt prevăzute reductoare de presiune, filtre cu ulei, uscătoare chimice. Întreruptorul este acţionat astfel : releele de protecţie lucrează asupra ventilelor de aer, care se deschid simultan. Aerul comprimat stinge arcul şi dezionizează mediul. Un alt ventil acţionează, cu o întîrziere predeterminată faţă de primul, pentru îndepărtarea contactelor. La închiderea întreruptorului acest ventil lucrează în sens invers. În continuare se prezintă încercările efectuate.

I. C.

CZ 621.316.7

Comparaţie între regulatoare rotative, electronice şi cu amplificatoare magnetice. [După : *Montgomery J. P*; Electr. Engng, 75(1956) 4, p. 359—363].

După precizarea noţiunii de regulator ca un aparat automat pentru menţinerea sau reglarea curentului, vitezei, tensiunii, poziţiei etc., a unei maşini, transformator sau altele, se insistă asupra calităţilor sale esenţiale : precizia, timpul de răspuns şi stabilitatea. Se analizează cele trei tipuri de regulatoare sub aspectul acestor calităţi. În comparaţia lor, respectiv în criteriile de a alege unul dintre aceste tipuri de regulatoare intervin proprietăţile specifice fiecăruia : factorul de amplificare, timpul de răspuns, puterea de intrare şi puterea de ieşire, reversibilitatea, domeniul de lucru şi liniaritatea semnalului. De asemenea se iau în consideraţie deosebirile dintre regulatoare în ceea ce priveşte siguranţa în exploatare simplitatea în manevrare şi întreţinerea.

În tabela 1 se indică valorile relative ale acestor proprietăţi, notîndu-se cu 1 valoarea cea mai înaltă.

Tabela 1

	Rotativ	Electronic	Magnetic
Factorul de amplificare maxim ca regulator de turaţie	50	500	100
Viteza de răspuns	3	1	2
Puterea la intrare la amplificare maximă	3	1	2
Puterea la ieşire	1	2	3
Reversibilitate	1	2	2
Flexibilitate în aplicaţii şi proiectare	2	1	1
Simplitate, siguranţă, întreţinere	2	3	1

I. C.

CZ 621.316.933.3

Descărcătoare tubulare şi dezvoltarea lor în ţară. [După : *Ignácz Pál*; Elektrotechnika, 49(1956)6 p. 157 — 176].

Autorul arată în articol problemele de bază ale descărcătoarelor tubulare. Problema de bază este materialul tubului

și îmbrăcămintea externă a sa. În continuare se descriu cercetările efectuate de către Laboratorul central de cercetări a industriei electrotehnice din Budapesta. S-au elaborat două tipuri de descărcătoare tubulare : un tip din cauciuc tare acoperit exterior cu un lac, și un tip dintr-un material sintetic neacoperit în exterior, avînd caracteristici foarte bune de izolament de suprafață. În articol sînt reproduse diagramele de stingere realizate.

O. S.

CZ 621.316.57.064.26

Întreruptoare cu vid pentru rețele energetice. [După : *J. E. Jenningson, A. C. Schwager* și *H. C. Ross*; Electr. Engng, 75(1956)4, p. 350—354].

Vidul înaintat prezintă două proprietăți importante pentru utilizarea lui în echipamentele energetice : 1-vidul este cel mai bun izolant; 2-cînd un circuit de curent alternativ este întrerupt prin separarea contactelor în vid, întreruperea se produce la prima trecere prin zero a curentului. Aceste calități au fost exploatate și în ultimii ani întreruptoarele bazate pe aceste proprietăți au cîștigat teren, construcțiile existente ajungînd la 230 kV. Se expun fenomenele care au loc în vid în momentul întreruperii și se arată că, datorită întreruperii curentului după prima trecere prin zero, aceste întreruptoare sînt cu deosebire indicate pentru întreruperea curenților capacitivi. Se descrie construcția unui întreruptor pentru mici baterii de condensatoare de 15 kV, 200 A tip exterior. După 10 000 operații aparatul și-a menținut performanțele inițiale.

Pe lîngă avantajul lipsei de ulei se menționează consumul mic de curent al bobinelor de acționare, dată fiind cursa scurtă a contactului mobil. Se prezintă perfomanțele realizate. Pentru tensiuni mai înalte se montează în serie cîteva întreruptoare cu vid, introduse într-o cămașe de porțelan.

I. C.

Materiale electrotehnice

CZ 621.315.615.2 :665.54

O nouă tehnologie în fabricarea uleiurilor izolante de natura petrolieră. [După : *F. C. Doble*; Electr. Engng, 75(1956)6, p. 546—551].

Cerințele noi față de uleiuri izolante sînt impuse de progresul în construcția mașinilor și aparatelor electrice. Ele prezintă trei aspecte : 1-durata mai lungă de funcționare mărită de apariția primelor depozite (nămoluri, precipitate); 2-rafinarea mai bună, prin schimbarea actualei tehnologii de rafinare a uleiului (abandonarea procedeului de rafinare cu acid sulfuric); 3-proprietăți dielectrice mai bune, creindu-se tipuri noi de uleiuri care să poată îndeplini în condiții mai bune rolul lor de dielectric și de mediu de răcire. Autorul consideră că o mai profundă cunoaștere a proceselor fizico-chimice ce au loc în uleiuri dielectrice este necesară pentru a putea răspunde cerințelor noi. El prezintă teoriile moderne asupra structurii și comportării uleiului, bazate pe cercetările făcute în condițiile de exploatare. El se ocupă de partea pe care o preia fiecare din componenții uleiului în comportarea lui în mașini și aparate electrice.

Este necesară introducerea și standardizarea unei serii de încercări noi pentru cunoașterea acestei comportări aplicate, începînd cu procesul de rafinare. Autorul descrie metodele pentru încercări accelerate de viață.

L. F.

CZ 621.314.63 :621.315.592

Utilizarea semiconductoarelor în electrotehnică [După : *P. Hernardinquer:* Electricité, 40 (1956) p. 175—178].

Sînt indicate domeniile de utilizare ale diferitelor tipuri de redresoare. Redresoarele cu mercur folosite pe o scară largă în instalațiile de forță sînt puțin eficace pentru tensiuni sub 200 V, pe cînd redresoarele din semiconductoare (seleniu și cupruoxid) au avantaje certe față de primele pentru tensiuni sub 50 V. Redresoarele mecanice, destinate pentru a fi folosite în special în intervalul de tensiuni 50—200 V, au dat rezultate bune într-o serie de cazuri. Lipsa a fost înlăturată prin apariția unei noi categorii de redresoare din semiconductoare și anume din germaniu și siliciu.

Redresorul cu germaniu se caracterizează prin următoarele proprietăți : cădere interioară de tensiune deosebit de redusă (de ex. 0,63 V pentru un curent de 200 A, la redresoarele cu germaniu a firmei Westinghouse) și curent invers mic, care nu depășește de obicei 2 mA; temperatura de regim maximă admisibilă 85°C; frecvența limită de lucru 50 kHz; randamentul 98—99%; rezistența inversă față de rezistența directă poate fi pînă la de 400.000 ori mai mare, iar densitatea de curent poate atinge 50 A/cm², ceea ce este de cca. 2000 ori mai mult decît limita densității de curent la redresoarele cu seleniu. Datorită acestor proprietăți, redresoarele cu germaniu au dimensiuni foarte reduse față de cele cu seleniu; pentru aceeași putere volumul lor este de cca. 6 ori mai mic. În Franța s-au fabricat redresoare cu germaniu pentru tensiunea de 400 V și curent de cîțiva amperi. Curenții limită ai redresoarelor cu germaniu pot fi măriți cu de 10 ori dacă există răcire forțată.

Astăzi, în afară de germaniu începe să se folosească ca semiconductor pentru redresoare puternice siliciul, al cărui avantaj principal este că limita temperaturii de lucru se întinde pînă la 180°C. La o cădere interioară de tensiune de cca. 1 V, redresorul cu siliciu suportă o densitate de curent pînă la 200 A/cm². Alte caracteristici ale acestui redresor sînt : curent invers mai mic decît la germaniu; coeficient de redresare suficient de mare, 10^5 la temperatura camerei și 10^3 la 200°C; randamentul atinge 98% la 65°C.

Cele mai noi redresoare din semiconductoare folosesc bioxidul de titan. Acestea se obțin prin oxidarea plăcilor de titan la temperatura de 825—900°C, cînd pe suprafața lor apare o peliculă subțire de bioxid de titan care apoi pentru omogenizare se tratează într-o soluție de sodă. Al doilea electrod este format de un strat de bismut, aplicat în vid, pe fața opusă a plăcii. Caracteristicile redresorului cu titan sînt : domeniul temperaturilor de funcționare între −65°C și + 200°C; curentul invers începe să crească vizibil cu tensiunea (peste 20V); densitatea de curent atinge pentru aceasta, valoarea de 0,04 A/cm²; rezistența directă și inversă scad cu ridicarea temperaturii, iar randamentul crește. Redresoarele cu bioxid de titan nu se exploatează încă, făcîndu-se numai modele experimentale. Se presupune că acestea își vor găsi utilitate în cazurile cînd temperaturile de lucru vor fi de cîteva zeci de grade sub zero.

P. C.

Redresoare

CZ 621.314.58.004.6

Ieșirea din funcție a invertoarelor. [După : *V. P. Pimenov* și *A. V. Posse*; Electricestvo (1956) 6, p. 65—70.]

Buna funcționare a invertoarelor, aparate statice care efectuează transformarea curentului continuu în alternativ, este condiționată de observarea unei serii întregi de condiții.

Dacă una din supapele invertorului întîrzie momentul în care trebuie să se aprindă, procesul este deranjat, curentul crește și dacă nu se iau măsuri speciale, aparatul este întrerupt de protecție. Acest fenomen care se produce de cîte ori nu are loc o comutație corectă a curentului, se numește ieșirea din funcție a invertorului.

Problema apariției și desfășurării acestui fenomen, mijloacele împiedicării producerii sale și în cazul producerii, posibilitățile revenirii la normal fără intervenția protecției, interesează foarte mult în legătură cu utilizarea invertoarelor pentru transportul energiei în curent continuu la înaltă tensiune și pentru recuperarea energiei la electrificarea căilor ferate.

Din articol se pot trage următoarele concluzii în legătură cu invertorul executat după schema trifazată în punte.

1. Unghiul de stingere, a cărei mărime joacă un rol esențial pentru asigurarea stabilității în funcționare a invertorului, depinde de parametrii care determină regimul de invertire, și anume de gama valorilor unghiului de avans la aprinderea supapelor.

2. Ieșirea din funcțiune numai a unei singure comutații, atrage după sine trecerea curentului prin două supape pentru aceeași fază a transformatorului. Ieșirea din funcțiune a două comutații vecine produce trecerea curentului prin două faze ale transformatorului.

3. În schema de transmisie a energiei în curent continuu, asigurarea stabilităţii invertorului la reducerea tensiunii reţelei şi creşterea curentului, este mărirea automată a unghiului de avans la aprindere.

4. Se poate evita ieşirea din funcţiune a invertorului, dacă după aprindere se întrerup în acelaşi timp două supape care se succed una după alta cu un avans care este indicat în articol.

S. S.

CZ 621.314.62 :621.314.65/66

Despre perspectivele ventilelor cu arc electric şi ale redresoarelor mecanice. [După : *N. S. Klimov* ; Electricestvo, (1955) 12, pag. 5—9].

Articolul se referă la lucrare lui Erwin Marx „Redresoare mecanice cu contacte cu role" din Elektrotechn. Z. nr. 8 1954, în care se arată rezultatele la care a ajuns autorul în executarea redresorului mecanic capabil să funcţioneze atît la tensiune înaltă cît şi la tensiune joasă. Prin aceasta se înlătură dezavantajele ventilului cu arc şi anume : căderea mare de tensiune pe arc, consumul mare de aer comprimat şi uzura rapidă a electrozilor. În articolul respectiv Marx prezintă două construcţii de redresoare cu contacte cu role. Într-una din soluţii rolele se rostogolesc una pe suprafaţa exterioară a celeilalte, iar în a doua soluţie, două role legate electric între ele sînt dispuse în interiorul unor segmente pe care se rostogolesc. Aceste role se fixează cu pîrghii şi sînt apăsate pe segmente cu ajutorul forţei centrifuge. Arcul se stinge la trecerea curentului prin zero cu ajutorul aerului comprimat, care este debitat numai în timpul comutaţiei. În articolul de faţă sînt puse în evidenţă avantajele invenţiei sovietice (ventilul cu arc multianodic), faţă de soluţia de mai sus a lui E. Marx. Invenţia sovietică consistă în folosirea unei înfăşurări închise polifazate, dispuse pe miezuri de transformator. La fiecare bornă a înfăşurării polifazate sînt legate două elemente de comutaţie, unul conectat la colectorul pozitiv iar celălalt la colectorul negativ. Elementul de comutaţie constă la rîndul său din două segmente fixe şi două mobile. Electrozii mobili sînt conectaţi între ei ; unul dintre segmentele fixe se conectează la borna înfăşurării polifazate iar celălat la colector. Toate elementele comutatoare ale fiecărui colector sînt fixate pe arbori separaţi care se rotesc acţionate de motoare sincrone.

Avantajele acestui redresor sînt : căderea de tensiune medie pe arc de cîteva ori mai redusă, puterea compresorului mai redusă, uzura mult mai mică a electrozilor procesul deionizării are loc la tensiune mult mai mică. Printre avantajele soluţiei citäm folosirea pieselor mobile şi comanda cu inerţie mai mare.

S. S.

CZ 621.313.322—81.0138 :621.314.652

Incercarea de exploatare a excitatoarei ionice pentru turbogeneratorul de 3000 kW. [După : *I. A. Smain*, Electricestvo, (1956) 12, pag. 32—34].

În anul 1951 în Uniunea Sovietică s-a încercat prima instalaţie industrială cu excitatoare ionice. S-a determinat influenţa curentului de excitaţie asupra încălzirii rotorului şi asupra caracteristicii generatorului, precum şi comportarea ventilelor, schemei de comandă şi a instalaţiilor auxiliare.

S-au încercat scheme de comandă cu aprindere dependentă şi independentă. În schema cu aprindere dependentă aprinderea s-a executat cu ajutorul tiratroanelor şi rezistenţei limitatoare direct la anoda ignitronului. În cea de-a doua schemă se foloseşte descărcarea condensatorului fie direct asupra aprinzătorului, fie printr-un transformator intermediar. Tiratronul este comandat de la o instalaţie de impulsivi, stabilizată. Schema se compune dintr-un stabilizator ferorezonant de tensiune, o bobină de şoc şi un transformator de impuls. Schema permite reducerea tensiunii de alimentare cu 50 — 60%, necesită pentru comandă o putere de 5 — 6 W şi posedă inerţie foarte mică. Constanta de timp se obţine mai redusă decît 0,007 s.

Încercările de forţare a excitaţiei şi de dezexcitare rapidă au demonstrat rapiditatea acestui tip de excitatoare. Astfel la stingerea cîmpului cu ajutorul invertoarelor, curentul rotorului a putut fi anulat la 0,6 s după forţarea excitaţiei.

Experienţa în exploatare a acestor excitatoare nu este încă suficientă pentru a se putea trage concluzii definitive, însă din rezultatele de pînă acum se poate afirma că schema de redresare cu comandă automată a ventilului s-a dovedit suficient de sigură în cazurile de avarii şi că folosirea ventilelor fără pompe de vid scuteşte personalul de exploatare de operaţiuni complicate şi dificile.

S. S.

Recenzii

***NETUŞIL, A. V.* şi *POLIVANOV, K. M.* : Bazele electrotehnicei** partea III-a : **Teoria cîmpului electromagnetic,** Editura Energetică de Stat, Moscova-Leningrad, 1956, 190 pag.

Cartea reprezintă partea a treia a noii ediţii refăcute a cursului „Bazele electrotehnicii" apărut în 1952 în aceeaşi editură sub redacţia lui K. A. Krug, într-un singur volum. Partea întîia întocmită de K. V. Zeveke şi P. A. Ionkin şi partea a doua întocmită de A. V. Netuşil şi S. V. Strahov au apărut în volume separate şi conţin teoria curentului continuu şi a curentului alternativ aplicate la circuitele electrice cu parametri concentraţi şi repartizaţi şi diferă prea puţin de părţile corespunzătoare din vechea ediţie.

Spre deosebire de primele două părţi, partea a treia este refăcută complet şi aceasta se datorează în bună parte şi faptului că la alcătuirea ei participă pentru prima dată prof. K. M. Polivanov cunoscut prin prelucrarea magistrală pe care a făcut-o traducerii lucrării lui Harnwell, în limba rusă.

Manualul este alcătuit pe baza programei analitice pentru specialităţile electrotehnice ale institutelor tehnice superioare din U.R.S.S. La alcătuirea sa autorii au avut în vedere şi discuţiile purtate în revista „Electricestvo" din anul 1954 în legătură cu această problemă ca şi cele purtate în catedra de electrotehnică a Institutului Energetic din Moscova la care activează ca profesori.

Cartea constituie o expunere foarte concentrată a teoriei cîmpului electromagnetic pentru mediile imobile adică a teoriei lui Maxwell. Expunerea este ilustrată de numeroase exemple care au aplicaţii importante în electrotehnică şi conţine 7 capitole şi o anexă matematică. Primele trei capitole sînt scrise de profesorul Polivanov iar ultimele patru de profesorul Netuşil.

Capitolul întîi intitulat „Cîmpul electric" este destinat de fapt în cea mai mare parte cîmpului electrostatic. Introducerea intensităţii cîmpului electric în vid şi a sarcinii electrice se face cu ajutorul legii lui Coulomb fără prea multă insistenţă asupra laturii fizice a problemei care se presupune lămurită de la cursul de fizică. Se enunţă principiul superpoziţiei şi cu ajutorul acestuia se demonstrează teorema potenţialului şi teorema lui Gauss. Se introduce intensitatea cîmpului electric imprimat ca fiind raportul dintre forţa de natură neelectrică şi sarcina corpului asupra căruia se exercită această forţă, făcîndu-se prin aceasta o evidentă concesie teoriei electronilor. Momentul electric nu este introdus ca mărime primitivă a teoriei macroscopice ci se introduce pe baza modelului sarcinilor dipolare. Pentru a caracteriza starea electrică a corpurilor autorii folosesc modele microscopice. Astfel autorii folosesc definiţia lorentziană a densităţii curentului de conducţie şi obţin evident legea conservării sarcinii drept consecinţă a definiţiei folosite. Polarizaţia electrică se introduce ca mărime derivată din momentul electric iar legea legăturii între **D**, **E** şi **P** apare ca o definiţie a vectorului **D**. În paragraful destinat conductoarelor se enunţă, pe scurt, formele diferenţiale ale legii lui Ohm şi legii Joule-Lenz. Mărimile necesare fiind astfel introduse,

restul capitolului este destinat teoremelor şi metodelor mai importante ale electrostaticii dintre care amintim: teorema refracţiei liniilor de cîmp, teorema capacităţii electrostatice teorema energiei electrostatice şi teorema forţelor generale în cîmpul electrostatic etc. Dintre metode amintim metoda imaginilor electrice. În paralel cu cîmpul electrostatic este studiat şi cîmpul electric staţionar în conductoare masive.

Capitolul al doilea intitulat „Cîmpul Magnetic" începe prin introducerea inducţiei magnetice în vid, **B**, pe baza formei diferenţiale a teoremei Biot-Savart-Laplace : $d\mathbf{B} = \mu_0 \frac{[\mathbf{J} \times \mathbf{r}]}{4\pi r^2} dv$ pe care autorii o numesc legea lui Ampère. Pentru a caracteriza acţiunile ponderomatoare ale cîmpului magnetic autorii făcînd apel la forţa lui Lorentz stabilesc formula $d\mathbf{f} = [\mathbf{J} \times \mathbf{B}]\, dv$. Momentul magnetic este introdus ca mărime derivată folosindu-se spira parcursă de curent. După introducerea potenţialului magnetic scalar şi a definiţiei formale a lui $\mathbf{H} = \frac{\mathbf{B}}{\mu_0}$ se deduce expresia circulaţiei lui **B** pe o curbă închisă în funcţie de curenţii care străbat suprafeţele ce se sprijină pe curba respectivă, expresie pe care autorii o denumesc prima ecuaţie a lui Maxwell.

Potenţialul vector se introduce în mod artificial iar legea fluxului magnetic apare ca o consecinţă a acestei definiţii. În continuare este prezentată legea inducţiei electromagnetice care apare ca o consecinţă a legii conservării energiei şi a acţiunilor ponderomatoare exercitate în cîmpul magnetic asupra conductoarelor parcurse de curent. Deşi autorii nu se ocupă de electrodinamica mediilor în mişcare, în legea inducţiei apare totuşi şi termenul datorit mişcării. După definirea inductivităţilor proprii şi mutuale se trece la studiul mărimilor care caracterizează starea de magnetizare a corpurilor. Pentru introducerea polarizaţiei magnetice se recurge la teoria microscopică insistîndu-se suficient asupra teoriei domeniilor. Cîmpul **H** în corpuri rezultă ca o definiţie. Capitolul se încheie cu cîteva teoreme şi metode specifice cîmpului magnetostatic.

Capitolul al treilea intitulat „Metodele de calcul ale cîmpurilor electrice şi magnetice potenţiale" se ocupă de rezolvarea problemelor la limită (Neuman şi Dirichlet) şi în afară de funcţiile de variabilă complexă face apel şi la metodele de integrare a ecuaţiei lui Laplace prin separarea variabilelor. Sînt date cîteva aplicaţii interesante care demonstrează necesitatea unui studiu mai aprofundat al acestei metode în institutele tehnice de specialitate.

Capitolul al IV-lea intitulat „Ecuaţiile fundamentale ale cîmpului electromagnetic" conţine ecuaţiile lui Maxwell sub forma generală şi sub forma complexă, iar din teoremele generale ale electrodinamicii teorema energiei şi a lui Umov-Poynting, exprimate în ambele forme. Sînt date două exemple edificatoare ale teoremei Umov-Poynting din care ultimul reprezintă calculul puterii transmise din stator în rotorul unei maşini electrice de curent alternativ şi este, după părerea noastră, o contribuţie valoroasă a autorilor. Spre deosebire de alte manuale, autorii se ocupă în detaliu de comportarea diferitelor materiale în cîmpuri rapid variabile. Astfel se introduc permitivitatea complexă şi permeabilitatea complexă.

Capitolul al V-lea intitulat „Undele electromagnetice plane şi cilindrice" este destinat mai ales curenţilor alternativi în conductoare masive. Sînt studiate mai multe exemple de efect pelicular şi curenţi turbionari în bare drepte şi cilindrice. Capitolul se încheie cu studiul undei electromagnetice plane în dielectrici.

Capitolul al VI-lea intitulat „Propagarea undelor electromagnetice plane în medii limitate de suprafeţe plane" este destinat studiului reflexiei şi refracţiei undelor electromagnetice şi, mai ales, studiului ghidurilor de undă şi a cavităţilor electromagnetice rezonante. Sînt tratate pe larg, rezonatorul paralelipipedic şi ghidul de undă cu secţiune dreptunghiulară. Capitolul se încheie cu paragraful intitulat „Forţele mecanice în cîmpul electromagnetic" în care se introduce impulsul electromagnetic fără a se face apel, însă la teorema generală corespunzătoare.

Capitolul al VII-lea intitulat „Radiaţia undelor electromagnetice" conţine studiul radiaţiei oscilatorului electric şi magnetic elementar şi cîteva probleme în legătură cu rezistenţa de radiaţie a antenelor.

Anexa matematică conţine breviare referitoare la sistemele de coordonate curbilinii, calculul vectorial, ecuaţiile cu derivate parţiale, funcţiile Bessel etc. În încheiere este dată o tabelă cu unităţi şi două tabele cu constante de material.

Cartea este scrisă vectorial şi foloseşte sistemul de unităţi MKSA raţionalizat. Ca tratare autorii insistă mai mult asupra laturii aplicative nefiind preocupaţi de introducerea riguroasă a mărimilor primitive ale electromagnetismului, de aceea aplicaţiile constituie partea cea mai interesantă şi mai reuşită a lucrării. Faţă de vechea ediţie, lucrarea pare prea condensată şi aceasta după cum mărturisesc autorii se datoreşte faptului că redacţia nu le-a pus la dispoziţie un număr mai mare de pagini. Din această cauză autorii au fost siliţi să renunţe la unele probleme interesante cum sînt : cîmpurile în semiconductoare, folosirea funcţiilor de variabilă complexă şi a metodelor grafice la calculul cîmpurilor, modelarea electrică, dinamica particulelor încărcate electric etc.

Tratarea acestora ar fi făcut cartea şi mai interesantă. Ca factură conţinutul manualului corespunde materiei care se predă şi la noi în ţară, la facultatea de electrotehnică din Bucureşti (cursul prof. R. Rădulet, vol. I, II şi IV).

Cartea este închinată memoriei lui K. A. Krug întemeietorul şcolii electrotehnice din Moscova. Pentru studenţii şi inginerii din ţara noastră, ea constituie un preţios îndreptar despre cîmpul electromagnetic.

Ing. **Al. Timotin**

RECTIFICARE

În articolul **„Observaţii la articolul : Asupra calculului puterii în curent alternativ cu ajutorul cantităţilor complexe"** din Electrotehnica nr. 3 (1957) pag. 85 s-au strecurat următoarele erori de tipar care trebuie rectificate după cum urmează :

Coloana 1

rîndul 16 de sus în loc de calcuf trebuie calcul
rîndul 17 de sus trebuie introdus al
rîndul 22 de sus în loc de propunerea trebuie puterea
rîndul 25 de sus în loc de aparentă trebuie aparente
rîndul 27 de sus în loc de altfel s-ar fi obţinut trebuie altfel după autorul articolului. s-ar...
rîndul 29 de sus în loc de $I_2^3\, z_2$ trebuie $I_2^2\, z_2$.

Coloana 2:

rîndul 22 de sus trebuie şters : cu vectorul conjugat al tensiunii.

СОДЕРЖАНИЕ

Привет Второму Съезду Научного Общества Инженерных и Технических Работников (А.С.И.Т.).
Electrotehnica, V (1957) Nr. 3, стр. 133.

ДК 621.312 : 512.831.
Preda M.

Замечания о применении матричного исчисления для исследования электрических сетей.
Electrotehnica, V (1957) Nr. 5, стр. 134.

На основе законов Киргхова выводятся матричные уравнения Г. Крона. Устанавливается что метод связывания сетей применимый только в случаях когда, составные сети получаются из комплексной сети путем ее перерезания и воссоединения в единое узло, всех перерезаных ветвей.

ДК. 621.315.623.4 : 537.212.
Popescu Gh, Tănăzescu Fl.

Картина электрического поля вокруг опорных изоляторов румынского производства для внутрених установок на 6, 10, 20, 26 кв и их поведение при падении импулсных волн напряжения.

Electrotehnica V (1957) Nr. 5, стр. 139.

После краткого обзора методов определения картины электрического поля вокруг изоляторов, описывается метод соломинки и новое устройство разработаное авторами, для применения этого метода. Приводятся и обсуждаются, результаты полученные авторами на изоляторах S.B. 6, S.A. 10, S.B. 20, S. B. 35. румынского производства, поведение которых, при падении импульсных волн напряжения. исследовано экспериментально. Указываются предложения для соответственого улучшения формы фарфорных изоляторов.

ДК. 621.315.52.011.
Saviuc V., Şabatin F., Crişan Al.

Электрические параметры на переменном токе одножпльных проводов румынского производства.

Electrotehnica, V (1957) Nr. 5, стр. 148.

Экспериментально исследуется зависимость от тока, внутренего активного и реактивного сопротивлений стальных проводов румынского производства. Приводятся зависимости этих параметров от температуры и от прочности при растяжении. Указываются сорты стальных проводов румынского производства, пригодные в качестве активных проводов для электросетей. Даны указания для проектирования электросетей со стальными проводами.

ДК. 621.316.7.077.2 : 621.3.043.3.
Moraru A.

Сопротивление тонкостеного стаканчатого ротора

Electrotehnica V (1957) Nr. 5, стр. 153.

Рассчет сопротивления тонкостеного стаканчатого ротора двухфазных серводвигателей, производится посредством интегрирования уравнений электромагнитного поля. Граничные условия правильно посталены. Принятые упрощения в полности соответствуют практическим целям. Предлагается простое выражение для рассчета сопротивления тонкостеных стаканчатых роторов.

ЗАМЕТКИ

ДК. 21.372.2 : 519.3.
Freund P. G.

Обобщение вариационого метода вывода уравчений телеграфистов для линий с потерями.

Electrotehnica V (1957) Nr. 5, стр. 156.

ОБЗОРЫ стр. 157.
РЕЦЕНЗИИ стр. 163.

INHALTSVERZEICHNIS

Gruss an den II. Kongress des Wissenschaftlichen Verbandes der Ingenieure- und Techniker
Electrotehnica, V (1957) H. 5, S. 153

DK 621.372 : 512.831
Preda, M.
Betrachtungen über die Anwendung der Matrizenrechnung auf die Untersuchung elektrischer Netze
Electrotehnica, V (1957) 5, S. 134

Die Matrizgleichungen von G. Kron werden aus den Kirchhoff'schen Gesetzen abgeleitet. Man zeigt, dass die Methode der Netzkopplung nur dann anzuwenden ist, wenn die Teilnetze aus dem Gesamtnetz dadurch erhalten werden, dass man letztere aufteilt und die abgetrennten Seiten in einem einzigen Knotenpunkt kurzschliesst.

DK 621.315.628.4 : 537.212
Popescu, Ch. und *Tănăsescu, Fl.*
Bild des elektrischen Feldes um die innländischen Stützisolatoren 6, 10, 20, 35 kV für Innenräume. Ihr Verhalten bei Stosspannungen.
Electrotehnica, V (1957) H. 5, S. 139

Nach einer Übersicht der im Auslande angewandten Methoden zur Darstellung des Feldbildes um die Isolatoren, wird die Strohhalmmethode beschrieben, für welche die Verfasser eine neue Vorrichtung aufgebaut haben. Es werden die mit den innländischen Stützisolatoren der Typen SB 6, SA 10, SB 20 und SB 35 erzielten Ergebnisse angegeben und besprochen. Das Verhalten derselben Isolatorentypen bei Spannungsstössen wurde nachher versuchsmässig geprüft. Es werden Vorschläge zur Verbesserung der Isolatorenformen gemacht.

DK 621.315.52.011
Saviuc, V., Sabatin, I. und *Crişan, Al.*
Die elektrischen Parameter innländischer Stahleinzelleiter bei Wechselstrom
Electrotehnica, V (1957) H. 5, S. 148

Für die z.Z im Lande hergestellten Stahlleitungen wird die in Abhängigkeit vom Strome auftretende Änderung des effektiven Widerstandes und der Innenreaktanz versuchsmässig ermittelt. Darauf wird der Einfluss der Temperatur und der Zugspannung auf die obigen Parameter bestimmt. Es werden die innländischen Erzeugnisse angegeben, welche als Leiter in elektrischen Netzen verwendet werden können. Schliesslich werden gewisse Schlussfolgerungen bzgl. Entwurf vom Stahlleiternetzen gezogen.

DK 621.316.7.077.2 : 621.3.043.3
Moraru, A.
Der Widerstand der Becherrotoren
Electrotehnica, V (1957) H. 5, S. 153

Zur Berechnung des Widerstandes des becherförmigen Rotors bei zweiphasigen Servomotoren, integriert der Verfasser die Gleichungen des elektromagnetischen Feldes unter genauer Berücksichtigung der Grenzwerte. Die vereinfachenden Annahmen entsprechen den praktisch vorkommenden Fällen. Es wird eine einfache Formel zur Berechnung des Widerstandes dieser Rotoren abgeleitet.

NOTEN
DK 621.372.2 : 519.3
Freund, P. G. O.
Die Verallgemeinerung der variationrechnerischen Methode zur Aufstellung der Telegraphengleichung für verlustbehaftete Leitungen
Electrotehnica, V (1957) H. 5, S. 156.

REFERATE, S. 157
BUCHBESPRECHNGEN, S. 163

SOMMAIRE

Salut au II-eme Congrés de l'Association Scientifique des Ingénieurs et des Technicies
Electrotehnica, V (1957) no. 5, p. 133

CD 621.372 : 512.831
Preda, M.
Considérations sur l'utilisation du calcul matriciai à l'étude des réseaux électriques
Electrotehnica, V (1957) no. 5, p. 134

En partant des theorèmes de Kirchhoff, l'on déduit les équations matricielles de G. Kron. On y prouve que la méthode d'interconnexion des réseaux n'est utilisable que lorsque les sous-réseaux composants sont obtenus du réseau complexe, en le découpant et en réunissant en un seul noeud les bouts de toutes les branches coupées.

CD 621.315.623.4 : 537.212
Popescu Ch. et *Tănăsescu Fl.*
Le spectre du champ électrique à proximité des isolateurs-support pour intérieur de production indigene, pour 6, 10, 20, 35 kV. Leur comportement aux essais à ondes de choc haute-tension
Electrotehnica, V (1957) no. 5, p. 139

Après un court exposé des méthodes utilisées pour la détermination du spectre électrique autour des isolateurs, on décrit la méthode du brin de paille, pour laquelle les auteurs ont mis à point un nouveau dispositif d'essai. On discute les résultats des essais sur isolateurs-supports, de production indigène, type SB 6, SA 10, SB 20, SB 35 dont on a étudié aussi le comportement aux essais à ondes de choc haute tension. On y fait des propositions en vue de l'amélioration de la forme des isolateurs.

CD 621.315.52.011
Saviuc, V., Sabatin, I. et *Crişan, Al.*
Les parametres électriques, en courant alternatif, des conducteurs monofilaires en acier de production indigéne
Electrotehnica, V (1957) no. 5, p. 148

On y présente l'étude expérimentale de la variation de la résistance et de la réactance intérieure avec l'intensité du courant, pour les fils en acier de production indigène. On a étudié l'influence de la température et de l'effort de traction. On présente des conclusions utiles à l'élaboration des projets des réseaux électriques à conducteurs en acier, en y indiquant les produits indigènes utilisables en tant que conducteurs actifs.

CD 621.316.7.077.2 : 621.3.043.3
Moraru, A.
La résistance électrique de l'induit „en pot"
Electrotehnica, V (1957) no. 5, p. 153

Afin de déterminer la résistance électrique de l'induit en pot, utilisé dans les servomoteurs, b phasés l'auteur résout les équations du champ électromagnétique en chosissant judicieusement les conditions aux limites. Les hypothèses simplificatrices introduites correspondent à la situation pratique réelle. On y déduit une expression simple pour la détermination de la résistance électrique de ces induits.

NOTES
CD 621.372.2 : 519.3
Freund, P. G. O.
La généralisation de la méthode variationnelle pour la déduction d'équation des télégraphistes à perte.
Electrotehnica, V (1957) no. 5, p. 156

DOCUMENTATION, p. 157
COMPTES-RENDUS, p. 163

CONTENTS

Greetings to the second Congress of the Scientific Association of Engineers and Technicians
Electrotehnica, V (1957) no. 5, p. 133

DC 621.372 : 512.831
Preda, M.
Considerations on the appliance of matricial calculus to the study of electrical networks
Electrotehnica, V (1957) no. 5, p. 134

G. Kron's matricial equations are deduced out of Kirchhoff's theorems. It is pointed out that the networks interconnexion method is only applicable to cases in which the component networks are obtained from the complex one by its cutting off and by short circuiting all its branches in a single knot.

DC 621.315.623.4 : 537.212
Popescu, Ch. and *Tănăsescu, Fl.*
The image of the electrical field round the indigenous support insulators for internal rooms 6, 10, 20, 35 kV. Their behaviour towards surge waves
Electrotehnica, V (1957) no. 5, p. 139

After reviewing abroad applied methods in order to determine the field image round the insulators one describes the straw method wherefor the authors have constructed a new device. The attained results for indigenous support insulators of type SB 6, SA 10, SB 20, SB 35 are outlined and discussed. The behaviour of the same insulator types to surge voltages was experimentally verified. Proposals in order to improve the insulators shape are made.

DC 621.315.52.011
Saviuc, V., Şabatin, I., Crişan, Al.
Electrical parameters of inland steel wires for A.C.
Electrotehnica V (1957) no. 5, p. 148

The effective resistance and interior reactance variation in function of the current is experimentally studied on steel wires made nowadays in our country. The influence of temperature and mechanical stress upon these parameters are pointed out. The indigenous products which can be utilized as active conductors in electrical networks are indicated. Some conclusions, necessary for networks design with steel conductors are presented.

DC 621.316.7.077.2 : 621.3.043.3
Moraru, Al.
The resistance of the cup shaped rotor
Electrotehnica, V (1957) no. 5, p. 153

In order to compute the resistance of the cup shaped rotor used in biphased servomotors, the author integrates the equations of the electromagnetical field considering correct limiting conditions. The proposed simplifying hypotheses are corresponding with practice. A simple formula for the resistance of these rotors is derived.

NOTES
DC 621.372.2 : 519.3
Freund, P. G. O.
Generalizing variational methods in determining of telegraphists' equation for dissipative lines.
Electrotehnica, V (1957)nr 5, p.156

REVIEWS, p. 157
ABSTRACTS, p. 163

MAŞINI ŞI TRANSFORMATOARE ELECTRICE

Enault, Y.: CZ 621.313.325 : 621.313.322—81
Utilizarea turboalternatoarelor în compensatoare sincrone. Rev. Gén. Electr. 65, (1956) 3, p. 153.

Kuhrt, Fr., Braunersreuther, E.: 621.313.2.013 : 621.317.42.082.74
Măsurătoarea variaţiei cîmpului în întrefierul unui motor de c.c. cu ajutorul efectului Hall. Electrotehn. Z. A., 77 (1956) 17, p. 578—581.

Schneider, M.: CZ 621.314.212 : 621.316.925.44
Protecţie termică pentru transformatoare în ulei. Arch. techn. Messen (1956) 246, p. 70—73.

Walker, I. H.: CZ 621.313.32
Caracteristicile tensiunii de excitaţie a maşinilor sincrone. Proc. Instn. electr. Engrs. A. Power Engng. 103 (1956) 12, p. 541—544

Green, T. E.: CZ 621.335.3
Locomotive miniere. Proc. Instn electr. Engrs. A. Power Engng. 103 (1956) 12, p. 545—563

Lämmerhindl, E.: CZ 621.317.2 : 621.313.2
Maşina de c.c. în practica modernă de încercări. Electrotehn. Z. B, 8 (1956), 7, p. 265—270

Schmitz, T.: 621.316.7.077.2
Cea mai raţională execuţie a maşinii secundare pentru grupuri de reglaj. Dtsch. Elektrot. 10 (1956), 5, p. 183—184

Schmidt, D.: CZ 621.316.719.2
Frîne cu disc pentru curenţi Foucault (Partea I-a). Dtsch. Elektrot. 10 (1956) 6, p. 220—224.

Schmidt, D.: CZ 621.316.719.2
Frîne cu disc pentru curenţi Foucault (Partea II-a): **cercetări experimentale.** Dtsch. Electrot. 10 (1956) 7, p. 254—260.

Jaskula, H.: CZ 621.314.6 : 621.316.722.1
Redresor stabilizat de reţea. Electrotehn. Z.B, 8 (1956) 8, p. 298—300.

APARATE ELECTRICE

* * *: CZ 621.316.5
Aparate moderne pentru întrerupere şi comandă. Elektrotechnik Würzburg, 38 (1956) 11/12 (17 martie), p. 110—112.

Stumpf, H.: CZ 621.316.545
Un separator de sarcină pentru joasă tensiune. Elektrotechnik Würzburg, 38 (1956) 17/18 (28 aprilie), p. 157—158.

Neumann, G. W.: CZ 621.316.544
Aplicarea în industrie a controlerelor, în vederea siguranţei în exploatare. ASEE-Trans. II (Appl. 8 Ind.) (1956) 27, p. 291—295.

CZ 621.316.1.029.2 : 621.316.933.6
Baatz, H. şi Schnell, P.:
Descărcător cu deconectare automată pentru reţele de joasă tensiune. Elektrotehn. Z.A, 77 (1956) 3, p. 75—76.

Hochhäusler, P.: CZ 621.319.4
Prevenirea defectărilor la condensator. Elektrotehn. Z.B, 8 (1956) 1, p. 4—7.

Hoffmann, K.: CZ 621.316.54.064.4
Stingerea scînteilor prin redresori. Elektrotehn. Z.B, 8 (1956) 1, p. 9—11.

Buse, G.: CZ 621.315.2 : 621.317.335
Un procedeu simplu pentru determinarea proprietăţilor dielectrice ale cablului încălzit. Elektrotehn. Z-B, 8 (1956) 7, p. 275—278.

Müller-Hillebrand, D.: CZ 621.3.066.6 : 620.193.4
Contacte de suprafaţă sub presiuni înalte în atmosferă chimică corozivă. Elektrotehn. Z-A, 77 (1956) 23, p. 860—863.

Müller, H.: CZ 621.365.3 : 645.471
La chestiunea temperaturilor în perna electrică. Elektrotehn. Z.A, 77 (1956) 24, p. 893—899.

Wass, N.: CZ 621.312.213)
Protecţia tropicală o preocupare importantă a industriei electrotehnice. Dtsch. Elektrot. 10 (1956) 5, p. 167—168

Fritsche, O. — Kahl, W.: CZ 621.312(213)
Protecţia tropicală a produselor electrotehnice. Dtsch. Elektrot. 10 (1956) 5, p. 168—169.

Wrana, I.: CZ 621.316.54.064.1
Procese în contactele întreruptoarelor la solicitarea curentului de scurteireuit. Dtsch. Elektrot. 10 (1956) 6, p. 207—211.

Fritsche, O. — Kahl, W.: CZ 621.312(213)
Protecţia tropicală a produselor electrotehnice (partea I-a). **Cercetări asupra materiilor prime şi semifabricatelor.** Dtsch. Elektrot. 10 (1956) 6, p. 230—236.

Fritsche, O. — Kahl W.: CZ 621.312(213)
Protecţia tropicală a produselor electrotehnice (partea II-a). **Cercetări asupra materiilor prime şi semifabricatelor.** Dtsch. Elektrot. 10 (1956) 7, p. 261—264.

Buter, I.: CZ 621.319.4 : 621.316.727
Conectarea condensatoarelor de sarcină reactivă. Elektrotehn. Z.A, 78 (1957) 1, p. 12—19.

Schick, W.: CZ 621.315.016.3
Durata de viaţă relativă ca măsură a capacităţii de încărcare a cablurilor. Elektrotehn. Z.A, 78, 2, p. 44—46

MĂSURĂTORI ELECTRICE

Lukács, Gy.: CZ 621.317
Bazele tehnicii măsurătorilor. Mérés és Automatika-Budapest 5 (1957) 1, p. 1—9.

Ludwig, Gy.: CZ 531.78
Proiectarea aparatelor de măsurat forţa şi deplasarea Mérés és Automatika-Budapest 5 (1957) 1, p. 10—16

Bakonyi, J.: CZ 621.317.2
Idei de bază pentru determinarea tipului de cameră de măsurare în fabrici. Mérés és Automatika-Budapest 5 (1957) 1, p. 16—19.

Petik, F.; Benkö, F. şi Herédi, A.: CZ 621.317.7.002
Problema formei externe estetice la proiectarea instrumentelor de măsură. Mérés és Automatika-Budapest 5 (1957) 1, p. 20—28.

Beczkóy, J.: CZ 621.362
Calculul lanţurilor de termoelemente. Mérés és Automatika Budapest 5 (1957) 1, p. 28—31.

Riller, E.: CZ 621 : 531.71.087.4
Mecanizarea şi automatizarea măsurătorilor de lungimi în fabricaţia maşinilor. Mérés és Automatika-Budapest 5 (1957) 1, p. 32—39.

Stekl, Gy.: CZ 53.082.3
Măsurători pneumatice. Mérés és Automatika Budapest 5 (1957) 1, p. 39—42.

Bondy, P.: CZ 621.3.066.6.08
Elemente de măsurători cu contacte electrice. Mérés és Automatika-Budapest 5 (1957) 1, p. 43—45.

Helke, H.: CZ 621.317.7.089.6 : 621.317.733
Punte de reglaj cu tensiune alternativă normală pentru încercarea aparatelor de măsură de precizie. Elektrotehn. Z.A, 77 (1956) 17, p. 569—573.

Gernhardt, P., Lange, H.: CZ 621.317.43
Determinarea pierderilor prin magnetizare la tola întreagă. Elektrotehn. Z.A, 77 (1956) 17, p. 573—578.

Schib, Fr.: CZ 621.431.73.044 : 621.317.326
Măsurătoarea tensiunii arcului la dispozitivele de aprindere la autovehicule. Elektrotehn. Z.B, 8 (1956) 8, p. 301—304.

Kalusche, H.: CZ 621.375.132
Contrarecţia şi compensarea în amplificatorii de măsură. Arch. techn. Messen. (1956), 247, p, 81—84.

Horn, Klaus: CZ 621.314.222.3.06 : 621.317.385.06
Metodă de încercare pentru dispozitive de conectare ale transformatoarelor de măsură şi contoarelor. Arch. techn. Messen. (1956) 251, 12, p. 265—286.

Euler, Joachim: CZ 621.352.7 : 621317.331
Măsurarea rezistenţei interioare în curent continuu a elementelor galvanice uscate. Arch. techn. Messen (1956), 250, 11, p. 251—254.

Lei 5.—

R
REFERATIA
KAT

ELECTROTEHNICA

Műszaki Könyvtár
Institut. de Documentare Tehnică
BUCUREȘTI
OBMEH - CSERE
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - ЗАМЕНА

6

Electrotehnica Anul V Nr. 6 Iunie 1957

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU, prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, prof. dr. ing. A. AVRAMESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R. (redactor responsabil), ing. V. BUNEA, laureat al Premiului de Stat, prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU, conf. ing. D. DAMSKER, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. ST. GROSU, conf. ing. GH. HORTOPAN, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. G. LAZARIDE, prof. dr. ing. R. RĂDULET, membru corespondent al Academiei R.P.R. laureat al Premiului de Stat.

Recomandări privind întocmirea articolelor tehnico-științifice

1. *Lucrări ce pot fi prezentate spre publicare sînt: de importanță generală, tehnico-științifice speciale, teoretice sau experimentale și tehnice obișnuite.*
2. *Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învățămînt, producție, este condiția esențială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuție trebuie să se refere la probleme noi și actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde considerații privind eficiența economică a soluțiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.*
3. *Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.*
4. *Lucrări care au mai fost publicate integral sau parțial, nu pot fi trimise redacției spre publicare*
5. *Un scurt rezumat fixînd premizele de la care s-a pornit, problema studiată și cadrul în care este tratată, nedepășind 6—8 rînduri, se va anexa lucrării.*
6. *În introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei și în preocupările producției; de asemenea se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuția autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permițînd inteligibilitatea fără dificultăți a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstrații voluminoase; de asemenea se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată, sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.*
7. *Concluziile vor concentra rezultatele obținute cu indicarea limitei de valabilitate și aplicațiilor posibile.*
8. *Anexele pot cuprinde demonstrații originale sau absolut necesare înțelegerii formulelor din text; de asemenea în anexe se pot da exemple de calcul.*
9. *Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmațiile luate din alte lucrări și care nu sînt în general cunoscute.*
10. *Nivelul articolelor va fi înalt.*
11. *Dezvoltările matematice vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului. Pentru demonstrații se vor alcătui anexe.*
12. *Se recomandă o atenție deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele rusești, romane, grecești, germane etc.*
13. *Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît și figuri sau tabele) speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale. Pentru cărți: numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet (eventual și tradus în paranteză), ediția, editorul, locul editării, anul. Pentru articole: numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus în paranteze), revista tomul, anul, numărul, paginile.*
14. *Scrisul la mașină al articolelor este recomandat cu insistență exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură față, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.*
15. *Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicații.*
16. *Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. În notă se vor indica: titluri academice, funcțiuni, localitatea și adresa domiciliului, număr de telefon.*
17. *Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora de publicare.*
18. *Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 ore de la primire. Nu se admit modificări esențiale față de manuscris, în care caz ele cad în sarcina autorului.*

Revista „Electrotehnica", organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Grele Editor: Asociația Științifică a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. Redacția: București, Str. Ion Gnica nr. 3, telefon 3 57 28 — 3 07 30. Administrația și Casieria: București, Cal. Victoriei 118, telefon 4 06 24. Redacția își rezervă toate drepturile privind lucrările precum și materialul grafic-ilustrativ apărut în revistă cît și cele privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase, referate sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei. Revista apare lunar. Abonamentul anual: pentru întreprinderi lei 96 și individual lei 30. Prețul unui exemplar: lei 5. Abonamentele se primesc la sediile administrației sau redacției, sus indicate. Tiparul Întreprinderea Poligrafică nr. 3. București.

ELECTROTEHNICA

Anul V Nr. 6 iunie, 1957

SUMAR

Lucrările celui de-al doilea Congres A.S.I.T.

Electrotehnica, V(1957) nr. 6, p. 165

Rezoluția celui de-al doilea Congres A.S.I.T.

Electrotehnica, V (1957) nr. 6, p. 167

CZ 538.552.9 : 621.3.012.8

Preda M. :

Formele generale ale rețelelor fictive utilizate, în metoda componentelor simetrice, la studiul rețelelor trifazate

Electrotehnica, V (1957) nr. 6, p. 170

După o formulare succintă a elementelor de bază ale metodei componentelor simetrice, se precizează limitele în care este avantajoasă utilizarea metodei componentelor simetrice și a rețelelor fictive, folosite în cadrul acestei metode, la studiul rețelelor trifazate nesimetrice. În continuare se stabilesc forme noi, generale, ale schemelor de interconexiune a rețelelor fictive; aceste forme sînt utile în studiul regimurilor de avarie ale sistemelor electroenergetice.

CZ 621.313.33.015.3

Manea F. :

Regimuri electromagnetice tranzitorii simetrice ale mașinii asinerone.

Electrotehnica, V (1957) nr. 6, p. 179

Ca aplicații ale ecuațiilor operaționale, în coordonatele vectorilor reprezentativi rezultanți, deduse prin folosirea transformatei Laplace în condiții inițiale nenule se studiază regimurile tranzitorii la aplicarea bruscă a tensiunii, unei mașini asincrone în repaus și la scurtcircuitul trifazat la bornele mașinii asincrone în rotație.

CZ 621.316.925.43 : 621.315.554.

Semlyén A. :

Despre alegerea dimensiunilor principale ale lamelor bimetalice simple folosite ca relee de supracurent

Electrotehnica, V (1957) nr. 6, p. 183

Se determină expresiile sol citărilor în cazul dilatării libere și a celei împiedicate, stabilindu-se supratemperaturile admisibile pentru fiecare caz. Se stabilește apoi legătura dintre caracteristica de acționare a bimetalului, fixată de norme și dimensiunile acestuia, ținînd seama și de condiția stabilității termice la supracurenți. Se indică apoi pe baza unui exemplu numeric o metodă de calcul a datelor principale ale elementului bimetalic. În încheiere se prezintă un releu bimetalic perfecționat.

REFERATE, p. 188

CRONICA, p. 192

Reînoiți
ABONAMENTELE
pe semestrul II
1957
LA REVISTELE
TEHNICE
ASIT

Országos Műszaki Könyvtár TULAJDONA

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ȘI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI GRELE

Anul V Nr. 6 București, iunie 1957

Lucrările celui de-al doilea Congres ASIT

La 29 mai la Teatrul de Operă și Balet al R. P. R. a avut loc deschiderea celui de-al II-lea Congres al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R. P. R.

La lucrări au participat peste 600 de delegați din toate ramurile economiei noastre naționale, precum și oaspeți din 15 țări.

Cuvîntul de deschidere a fost rostit de acad. prof. *N. Profiri*, președintele A.S.I.T.

Primit cu îndelungi aplauze de cei prezenți tovarășul *Chivu Stoica*, președintele Consiliului de Miniștri, a adus Congresului salutul Comitetului Central al Partidului Muncitoresc Romîn și Consiliului de Miniștri. Cuvîntarea tovarășului *Chivu Stoica* a fost subliniată în repetate rînduri de aplauze prelungite.

Tovarășul *N. Popescu — Doreanu*, vicepreședinte al A S I T. a dat citire scrisorii adresată de tovarășul dr. *Petru Groza*, președintele Prezidiului Marii Adunări Naționale, celui de-al doilea Congres A.S.I.T.

În continuarea lucrărilor, acad. prof. *N. Profiri* a prezentat raportul Consiliului Central A.S.I.T.

*

Lucrările Congresului au continuat în zilele următoare la Palatul Marii Adunări Naționale.

Acad. *I. S. Gheorghiu*, președintele Secției științe tehnice a Academiei R. P. R. a transmis participanților la Congres salutul Academiei R. P. R.

Dr. Ing. *Ștefan Bălan*, membru corespondent al Academiei R. P. R., vicepreședinte al A.S.I.T. a prezentat raportul *„Introducerea și extinderea tehnicii noi în industria socialistă a R. P. R."*.

Au mai fost prezentate rapoartele: *„Organizarea științifică a producției industriale"* — raportor prof. ing. *C. Atanasiu*, membru în Biroul Consiliului Central A.S.I.T., *„Introducerea tehnicii noi și organizarea științifică a producției în agricultură"* — raportor ing. *Al. Priadcencu*, membru corespondent al Academiei R. P. R., vicepreședinte al A S.I.T. și prof. dr. *Al. Romanovici*, vicepreședintele secției științelor agricole A.S.I.T., *„Buna folosire a cadrelor tehnice"* — raportori prof. dr. ing. *Remus Răduleț*, membru corespondent al Academiei R. P. R., membru al Consiliului Central A.S.I.T. și prof. dr. ing. *Tudor Tănăsescu*, membru corespondent al Academiei R.P.R., vicepreședinte al A S I.T.

În ziua de 30 mai în cursul dimineții lucrările s-au desfășurat pe secții de specialitate. În cadrul acestor ședințe, care au avut loc în 12 săli din Capitală, s-au prezentat dările de seamă asupra activității secțiilor de specialitate. Au avut loc ample discuții. S-au votat rezoluții care au pus bazele activității viitoare pe linie de specialitate. Tot în cadrul ședințelor pe secții s-au acordat diplome pentru merite deosebite în activitatea tehnico-științifică a Asociației.

În după amiaza aceleiași zile au început discuțiile la rapoartele generale.

În cadrul acestei ședințe, Congresul a fost salutat de tov. *Mihai Marin*, secretar al Consiliului Central al Sindicatelor. Conducătorii delegațiilor străine participante au adus salutul lor Congresului.

Pe marginea rapoartelor au luat cuvîntul un mare număr de delegați și invitați.

În ziua de 1 iunie au luat sfîrșit lucrările celui de-al II-lea Congres al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R. P. Romînă.

Ing. *Oliviu Rusu* a prezentat raportul asupra proiectului de statut modificat al Asociației. Participanții la Congres au discutat și votat pe articole noul statut al A.S.I.T.

Din partea comisiei de candidare ing. *Dumitru Belinski* a prezentat lista candidaților pentru Consiliul Central A.S.I.T.

Ing. *Ion G osu* a citit proiectul de rezoluție a celui de-al II-lea Congres A.S.I.T. care prevede principalele linii de dezvoltare în viitor a activității Asociației. Rezoluția a fost votată în unanimitate.

Participanții la Congres au ales prin vot secret Consiliul Central al A.S.I.T. În Consiliul Central al A.S.I.T. au fost aleși 86 de ingineri și tehnicieni. Ca președinte a fost ales acad. prof. *N. Profiri*; vicepreședinți: prof. ing. *St. Bălan*, prof. ing. *C. Atanasiu*, prof. ing. *St. Nădășan*, membru corespondent al Academiei R. P. R. și ing. *Al. Priadcencu*, membru corespondent al Academiei R. P.R. iar ca prim secretar ing. *Oliviu Rusu*.

Apoi, acad. prof. *C. D. Nenițescu* a dat citire unei moțiuni prin care participanții la Congres cer interzicerea fabricări si experimentării armelor atomice. Moțiunea a fost adoptată în unanimitate.

De asemenea participanții la Congres au hotărît în unanimitate trimiterea unei telegrame Comitetului Central al Partidului Muncitoresc Romîn și Consiliului de Miniștri al R. P. R.

S a dat apoi citire scrisorii adresate de acad. prof. *N. Profiri*, în numele celui de al doilea Congres și al tuturor membrilor A.S.I.T., tovarășului dr. *Petru Groza*, președintele Prezidiului Marii Adunări Naționale.

Prof. Ing. *St. Bălan* a citit Decretul Prezidiului Marii Adunări Naționale prin care se conferă unui număr de ingineri și tehnicieni ordine și medalii ale R. P. R.

Cuvîntul de închidere a celui de al II-lea Congres al A.S.I.T. a fost rostit de acad. *N. Profiri*, președintele Consiliului Central al A.S.I.T. Vorbitorul a arătat că dezbaterile prilejuite de Congres au fost deosebit de rodnice, inginerii și tehnicienii, delegați la Congres, precum și cei invitați au dezbătut cele mai importante probleme ale progresului tehnic în țara noastră. Ei sînt hotărîți ca întorși la locurile de muncă, să depună toate strădaniile, tot talentul și capacitatea lor de muncă pentru a transpune în viață indicațiile prețioase ale celui de-al II-lea Congres al A.S.I.T.

Consiliul Central ales de al II-lea Congres A. S. I. T

29 mai — 1 iunie 1957

BIROUL CONSILIULUI CENTRAL A. S. I. T.

Acad. prof. ing. **Profiri Nicolae**	—	*Președinte*
Prof. ing. **Atanasiu Constantin**	—	*Vicepreședinte*
Prof. dr. ing. **Bălan Ștefan**	—	*Vicepreședinte*
Prof. dr. ing. **Nădășan Ștefan**	—	*Vicepreședinte*
Prof. ing. **Priadcencu Alexandru**	—	*Vicepreședinte*
Ing. **Rusu Oliviu**	—	*Prim secretar*
Ing. **Negoiță Constantin**	—	*Secretar*
Acad. prof. ing. **Carafoli Elie**	—	*Membru Birou*
Prof. dr. ing. **Crișan Silviu**	—	*Membru Birou*
Chim. **Drimuș Iosif**	—	*Membru Birou*
Prof. ing. **Grosu Ion**	—	*Membru Birou*
Ing. **Iliescu Mircea**	—	*Membru Birou*
Ing. **Mihai Marin**	—	*Membru Birou*
Popescu-Doreanu Nicolae	—	*Membru Birou*
Prof. dr. ing. **Răduleț Remus**	—	*Membru Birou*
Prof. ing. **Romanovici Alexandru**	—	*Membru Birou*
Stănescu Gheorghe	—	*Membru Birou*
Prof. dr. ing. **Tănăsescu Tudor**	—	*Membru Birou*

DIN CONSILIU FAC PARTE:

Ing. Andrași Iuliu, ing. Avram Constantin, ing. Bițâ Constantin, Birligiu Nicolae, ing. Bogdan Radu, ing. Boțan Nicolae, ing. Brudașcă Vasile, ing. Cahu Gelu, ing. Chiriță Constantin, ing. Chirițescu Alexandru, ing. Constantinescu Gh., ing. Constantinescu N., ing. Covalschi Traian, ing. Covaci Gheorghe, ing. Croicu Dumitru, ing. Curievici Ion, ing. Divo Ion, ing. Drăgan Gheorghe, Dragnea Emilian, ing. Drogeanu Nicolae, ing. Dumitrescu N., ing. Eliade Dinu, ing. Filipovici Jiva, ing. Florescu Ion, ing. Florescu Mihail, ing. Gheorghiu M. I., acad. Gheorghiu I. S., ing. Halunga Emil, ing. Hodoș Nicolae, ing. Horvath Atila, ing. Horvath Ladislau, ing. Iancu Horațiu, Geolog Ioanovici Virgil, acad. Ionescu Sisești Gh., ing. Ionuț Vasile, ing. Koncz Elena, Lascu Ilie, ing. Lubenescu Dan, ing. Luca Iacob, ing. Lupu Petre, ing. Macarovici C., ing. Manase Albert, ing. Manoliu Mihai, acad. Micloși Cornel, Militaru Nicolae, ing. Moțoc D., ing. Negrescu Traian, acad. Nenițescu C. D., ing. Nica Teodor, ing. Niculescu Ion, ing. Nisipeanu Ilie, ing. Petrescu Gheorghe, ing. Racoviță René, ing. Rașeev Sergiu, ing. Rigani Zoe, ing. Roman Petre, ing. Roth Ștefan, ing. Rusanovschi Valeriu, ing. Sîrbescu Ion, ing. Stancu Marin, ing. Stănescu D., ing. Stoenescu Valeriu, ing. Stoica Marius, Stuparu Ion, ing. Tiberiu I., ing. Ulcenco Nichita, ing. Vanci Gheorghe, ing. Vișoiu Ion.

Telegrama adresată Comitetului Central al P.M.R. și Cosiliului de Miniștri al R. P. Romîne

Delegații la cel de-al II-lea Congres al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din Republica Populară Romînă, reprezentînd peste 60 000 de ingineri și tehnicieni, au primit cu mare mulțumire și cu entuziasm cuvîntul Partidului Muncitoresc Romîn și al guvernului Republicii Populare Romîne, rostit în ședința de deschidere a Congresului de tovarășul Chivu Stoica președintele Consiliului de Miniștri membru în Biroul Politic al Partidului Muncitoresc Romîn

Intelectualitatea tehnică din țara noastră își exprimă recunoștința față de partid și guvern, care au realizat cele mai bune condiții pentru ca inginerii și tehnicienii să-și dea aportul la mărețele realizări ale construcției socialiste. Numai în anii puterii populare a fost posibil ca inginerii și tehnicienii să se manifeste cu un puternic avînt în munca de creație tehnico-științifică. În fabrici și uzine, pe marile șantiere, pe ogoare, precum și în institutele de proiectări și cercetări, planurile îndrăznețe ale multor ingineri și tehnicieni au devenit realități, creîndu-se astfel opere tehnice și științifice de neconceput, în orînduirea burghezo-moșierească.

Cu deosebită însuflețire privesc inginerii și tehnicienii noile perspective pe care politica partidului și guvernului le deschide dezvoltării economiei naționale. Cuvîntul partidului și guvernului constituie pentru noi un îndreptar în activitate și vom lupta cu perseverență și elan pentru dezvoltarea și întărirea economiei patriei noastre dragi, Republica Populară Romînă.

Noi, inginerii și tehnicienii din industrie, construcții, transporturi și agricultură, vom avea permanent în față sarcina de a ține pasul cu realizările tehnicii noi. Aceasta este condiția principală pentru ridicarea nivelului de trai material și cultural al poporului muncitor prin sporirea producției, mărirea productivității muncii și reducerea prețului de cost.

Sîntem convinși că, în rezolvarea acestor sarcini, un rol însemnat îl are Asociația noastră. Asociația va trebui să dea în mod deosebit atenție activității de ridicare a nivelului ideologic și tehnico-economic al inginerilor și tehnicienilor.

Noi, inginerii și tehnicienii din Republica Populară Romînă, asigurăm Comitetul Central al Partidului Muncitoresc Romîn și Consiliul de Miniștri al Republicii Populare Romîne că vom lupta cu toate forțele noastre, împreună cu poporul muncitor, pentru înflorirea patriei, pentru întărirea păcii și colaborării internaționale.

Din însărcinarea Congresului al II-lea al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R. P. Romînă.

Acad. Prof. N. PROFIRI

Rezoluția Congresului al II-lea al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R.

CONGRESUL al II-lea al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. întrunit în București între 29 mai — 1 iunie 1957 făcînd bilanțul activității Asociației de la primul Congres ASIT, constată că Asociația, îndrumată de partid și-a dezvoltat mult activitatea și a reușit să atragă și să ajute intelectualitatea tehnică a țării în lupta pentru construirea economiei socialiste.

Congresul constată cu satisfacție, că prin aderarea Societății Științelor Agricole „I. V. Miciurin", Asociația cuprinde în rîndurile ei inginerii și tehnicienii din toate ramurile de activitate.

Preocupîndu-se de ridicarea productivității muncii, îmbunătățirea calității produselor și scăderea prețului de cost, Asociația și-a desfășurat activitatea sa tehnico-științifică îndeosebi în direcția introducerii tehnicii noi și a organizării științifice a producției.

In acest scop, Asociația urmărind ridicarea nivelului tehnico-științific al inginerilor și tehnicienilor, a desfășurat o însemnată activitate editorială prin publicarea Lexiconului Tehnic Romîn, a unui număr de 16 reviste de specialitate editate în colaborare cu ministerele economice, a gazetei „Tehnica Nouă" și a altor lucrări tehnico-științifice precum și o activitate largă de conferințe, cursuri, schimburi de experiență etc.

Între formele de activitate folosite de Asociație în vederea perfecționării producției, de o mare însemnătate s-au dovedit consfătuirile asupra celor mai importante probleme tehnico-științifice ale economiei industriale și agricole, organizate în întreprinderi pe regiuni și pe ramuri de specialitate.

Legăturile de colaborare între Asociație și sindicate au dus la sprijinirea activității inovatoare în întreprinderi și la ridicarea calificării maiștrilor și muncitorilor. S-au obținut de asemenea rezultate pozitive, în urma asistenței tehnice acordate întreprinderilor pentru rezolvarea problemelor tehnice ridicate de activitatea productivă.

Asociația s-a afirmat ca exponent al opiniei intelectualității tehnice în problemele tehnico-științifice ale economiei naționale. In același, timp, stabilind legătura cu asociații similare din străinătate, ea a înlesnit contacte colegiale cu ingineri și tehnicieni din mai multe țări schimburi de publicații și aduce un aport tot mai simțit la colaborarea tehnico-științifică internațională.

I

CONGRESUL apreciază activitatea Asociației ca pozitivă. Congresul însărcinează Consiliului Central A.S.I.T. să dezvolte activitatea de organizare a importantelor forțe creatoare ale inginerilor și tehnicienilor țării, pentru a spori contribuția lor la rezolvarea problemelor tehnico-științifice ale construcției economiei socialiste.

In acest scop, Congresul cere Consiliului Central, filialelor și cercurilor Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor, să-și îndrepte atenția îndeosebi spre introducerea și extinderea tehnicii noi, organizarea științifică a producției, îmbunătățirea pregătirii și a justei folosiri a cadrelor tehnice.

A. CU PRIVIRE LA INTRODUCEREA TEHNICII NOI

1. Să se dezvolte în întreprinderi, cercetarea tehnico-științifică legată de activitatea productivă a acestora. Să recomande ministerelor și organelor de conducere a întreprinderilor organizarea și dotarea laboratoarelor, astfel încît să se poată face cercetările necesare pe plan local și să, se poată urmări calitatea producției. Secțiile de specialitate din Consiliul Central, filialele și cercurile ASIT, să mobilizeze pe ingineri și tehnicieni pentru introducerea în producție a soluțiilor stabilite de institutele de cercetări tehnico-științifice.

2. Membrii ASIT care lucrează în domeniul proiectării sînt chemați să dea o atenție deosebită folosirii documentației celei mai noi din țară și străinătate, pentru a găsi soluțiile cele mai economice proiectelor din diversele ramuri ale economiei.

Trebuie ca utilajele și construcțiile să aibă greutăți proprii mai mici, să fie mai economice să asigure randamente mari și să poată fi realizate în termen cît mai scurt.

In scopul micșorării greutății utilajelor și agregatelor pentru industrie, construcție, transporturi și agricultură, cît și în vederea unei raționale utilizări a metalului, să se studieze posibilitățile utilizării pe scară cît mai largă a laminatelor adecvate din oțeluri de calitate, a metalelor ușoare și a maselor plastice, ca înlocuitori de metale. In construcție să se folosească materiale cu greutăți specifice mici, elemente de construcție prefabricate, iar spațiul construit să fie folosit la maximum.

Să se dea toată atenția tipizării, scurtării timpului de proiectare și ieftinirii proiectării.

3. O preocupare deosebită a cercurilor ASIT trebuie să o constituie studierea utilizării raționale a materialelor și energiei în sensul continuei micșorări a consumurilor specifice de materiale, combustibil și energie de toate categoriile, precum și a utilizării cît mai complete a surselor energetice locale.

4. Să se studieze prin secțiile de specialitate și prin cercurile ASIT posibilitățile de modernizare a utilajelor și agregatelor existente în întreprinderi, în scopul eliminării locurilor înguste, creșterii capacităților de producție precum și a îmbunătățirii indicilor de utilizare.

5. In vederea măririi productivității muncii și a micșorării continue a volumului muncilor manuale, secțiile de specialitate și cercurile ASIT să studieze posibilitatea de mecanizare a muncilor grele, a muncilor auxiliare și folosirea cît mai largă a micii mecanizări, apelînd atît la fondurile proprii cît și la creditele financiare pe termen scurt.

6. Cercurile ASIT din întreprinderi să-și îndrepte atenția și să studieze perfecționarea continuă a tehnologiei în scopul micșorării consumurilor specifice, a unei mai juste utilizări a materiilor prime și a scăderii continue a prețului de cost. De pildă, să se dea toată atenția metodelor care măresc vitezele de lucru și a acelora care reclamă o pregătire atentă fizico-chimico-mecanică a materiilor prime folosite în diversele procese de producție.

Membrii ASIT să dea toată atenția procedeelor tehnologice moderne, pentru ca acestea să fie introduse cu toată îndrăzneala la locul de muncă.

Este necesar, de asemenea, să se intensifice controlul tehnic calitativ în scopul îmbunătățirii calității produselor, evitării celor de calitate inferioară și a rebuturilor.

7. Asociația prin secțiile de specialitate să colaboreze cu institutele de cercetări ale Academiei R.P.R. și ale departamentelor cu institutele de învățămînt superior ca și cu celelalte instituții de specialitate din țară și străinătate la folosirea sistematică în diferite ramuri de producție a cuceririlor celor mai noi ale științei și tehnicii, cum sînt izotopii radioactivi, semiconductori etc. Asupra acestor probleme Asociația să pună la dispoziția membrilor săi documetația corespunzătoare.

8. Secția Științelor Agricole „I. V. Miciurin" în colaborare și cu sprijinul efectiv al tuturor celorlalte secții de specialitate să găsească cele mai corespunzătoare soluții în vederea ridicării continue a nivelului de mecanizare, electrificare și chimizare a agriculturii,

precum și în vederea lichidării deficiențelor în aplicarea integrală a complexului de reguli agrotehnice la toate culturile; pe această bază să contribuie la generalizarea în producție a metodelor agrotehnice celor mai înaintate.

De asemenea, să sprijine soluționarea problemelor pe care le ridică necesitatea extinderii continue a suprafețelor cultivabile prin lucrări de îndiguire și de desecare și a ridicării producției la hectar prin irigații, lucrări de prevenire și combatere a eroziunii solului, plantări de perdele forestiere de protecție a culturilor ș.a.

9. Asociația prin toate organizațiile sale trebuie să dea un sprijin puternic dezvoltării mișcării inovatorilor care constituie un stimulent puternic al progresului tehnic.

10. Pe lîngă celelalte forme de activitate, Asociația să dea o mai mare dezvoltare sesiunilor de referate tehnico-științifice în cercuri și filiale pentru problemele locale și în secțiile de specialitate ale Consiliului Central ASIT pentru probleme de interes republican.

B. CU PRIVIRE LA ORGANIZAREA ȘTIINȚIFICĂ A PRODUCȚIEI

1. In activitatea Asociației să se pună un accent deosebit pe ridicarea continuă a nivelului activității pentru obținerea unei înalte eficiențe economice a producției. Asociația trebuie să convingă pe membrii săi că orice nouă soluție tehnică a unei probleme poate fi considerată bună numai atunci cînd ea răspunde și cerințelor de natură economică. Cercurile ASIT trebuie să lupte pentru ca în activitatea membrilor Asociației să se înrădăcineze această preocupare.

2. Congresul consideră necesar să se înființeze la Consiliul Central și la filiale, comisii permanente de organizare și raționalizare a producției, care să se preocupe de măsurile organizatorice pentru ridicarea productivității muncii precum și de problemele de planificare, evidență, statistică, în scopul îmbunătățirii și simplificării activității în acest domeniu.

3. Secțiile de specialitate să efectueze prin brigăzi de ingineri și tehnicieni anchete tehnice la întreprinderi, pe tema organizării raționale a producției. Rezultatele acestor anchete, prezentate în referate corespunzătoare, să fie supuse dezbaterii în consfătuiri la întreprinderile respective, cu participarea activă și largă a conducerii, a inginerilor și a tehnicienilor din întreprinderi. In analiza organizării producției se va examina aplicarea justă a sectorizării fabricilor, a fluxurilor tehnologice și de materiale, circulația corectă a produselor între sectoare și evacuarea deșeurilor prin mecanizarea corespunzătoare; de asemenea se va urmări modul cum funcționează legăturile între sectoare și influența lor reciprocă în desfășurarea producției.

4. Cercurile, filialele și secțiile de specialitate ASIT să dea un puternic sprijin la studierea, stabilirea și introducerea în întreprinderi a procedeelor tehnologice corecte, ținînd seamă că o normare tehnică justă din toate punctele de vedere, nu se poate realiza fără o tehnologie bine studiată în prealabil.

5. Cercurile ASIT să studieze posibilitățile și căile pentru o mai deplină utilizare a mașinilor și agregatelor propunînd măsuri atît pentru îmbunătățirea acesteia, cît și pentru îmbunătățirea calității, reducerea prețului de cost și a timpului de execuție a reparațiilor.

6. Cercurile, filialele și secțiile de specialitate ASIT să contribuie în măsură mai largă la studierea cauzelor care împiedică aprovizionarea ritmică tehnico-materială și a mijloacelor de înlăturare a lor, precum și la stabilirea justă a stocurilor normate de materiale în condițiile sporirii vitezei de rotație a fondurilor de rulment și a respectării termenelor de livrare planificate și convenite.

7. Filialele ASIT să acorde sprijinul lor industriei locale și gospodăriei comunale, în vederea lărgirii producției bazate pe resursele locale și a îmbunătățirii serviciilor ce se prestează populației.

8. Pentru organizarea științifică a producției în agricultură, inginerii și tehnicienii să intensifice activitatea pentru dezvoltarea și consolidarea economică și organizatorică a sectorului socialist.

In același scop Congresul recomandă celor în drept:

— să intensifice lucrările de cadastrare și în special lucrările de măsurători în timpul cel mai scurt posibil, mobilizînd în acest scop un număr suficient de cadre tehnice și aplicînd metode noi, mai rapide, în ridicările topografice;

— să definitiveze lucrările de zonare a producției agricole, pentru o justă repartizare a culturilor agricole, a speciilor și raselor de animale pe teritoriul țării, precum și pentru aplicarea diferențiată a măsurilor agrotehnice, zootehnice și economice, în funcție de diferite zone naturale și economice, în scopul obținerii producțiilor agricole sporite;

— să continue organizarea teritoriului agricol și introducerea asolamentelor în întreprinderile din sectorul socialist al agriculturii, în funcție de profilul lor de producție;

— să acorde întreaga atenție organizării științifice a creșterii animalelor, asigurîndu-se în primul rînd baza furajeră necesară.

9. Consiliul Central și filialele ASIT să mobilizeze inginerii și tehnicienii din întreprinderi pentru îmbunătățirea calității și lărgirea sortimentelor pentru export, punîndu-se accentul pe creșterea prestigiului mărcii de fabrică.

10. Folosind condițiile noi create prin măsurile luate pentru lărgirea competințelor sfaturilor populare și conducerilor întreprinderilor, cercurile ASIT în colaborare cu sindicatele trebuie să acționeze pentru aplicarea acestor măsuri împotriva metodelor birocratice de lucru prin care s-ar putea frîna deplina folosire a competințelor acordate.

C. CU PRIVIRE LA ÎMBUNĂTĂȚIREA PREGĂTIRII ȘI A JUSTEI FOLOSIRI A CADRELOR TEHNICE

1. In condițiile actuale ale avîntului rapid al științei și tehnicii mondiale și a necesității introducerii în practică a noilor cuceriri, este necesară o documentare bună și operativă a inginerilor și tehnicienilor privind noile realizări ale gîndirii și creației tehnico-științifice din întreaga lume. In acest scop este necesară continuarea și perfecționarea calitativă a activității editoriale A.S.I.T. Publicațiile comune ale ministerelor economice și ale ASIT-ului trebuie să popularizeze în mod organizat cele mai bune realizări ale științei și tehnicii din țara noastră, din U.R.S.S., din toate țările de democrație populară, precum și din celelalte țări.

2. Asociația să organizeze cursuri pentru perfecționarea inginerilor și tehnicienilor, la care să se predea la un înalt nivel cunoștințe din domeniul tehnicii și științei cît și al economiei.

3. Cercurile ASIT în colaborare cu sindicatele să contribuie la ridicarea nivelului tehnic al muncitorilor, maiștrilor și tehnicienilor din întreprinderi, știut fiind că tehnica nouă reclamă nu numai inginerii buni, ci și muncitori, maiștri și tehnicieni bine calificați, conștienți de rolul lor în producție.

4. Asociația să elaboreze propuneri privind buna folosire a cadrelor tehnico-inginerești, în vederea utilizării lor conform cu pregătirea și specializarea lor și nu în munci depărtate de specialitate.

De asemenea, Consiliul Central ASIT să se preocupe de condițiile de muncă și stimulare materială și morală a inginerilor și tehnicienilor, sesizînd în acest scop organele de stat și sindicale.

5. Cercurile și secțiile de specialitate ASIT să găsească și să folosească metode potrivite pentru instruirea cadrelor de muncitori, tehnicieni și ingineri necesari deservirii instalațiilor automatizate în producție, acolo unde ele se vor realiza, precum și acelora care vor lucra cu izotopi radioactivi în producție.

6. O deosebită atenție în pregătirea de specialitate să se acorde de către Asociație inginerilor și tehnicienilor tineri din industrie, agricultură, construcții și transporturi care trebuie să devină cadre de nădejde ale economiei naționale cu o practică bogată, însoțită de o cultură tehnică temeinică.

7. Asociația să elaboreze propuneri pentru ridicarea nivelului de pregătire practică a studenților și a tinerilor ingineri în timpul stagiului lor în producție.

8. Se recomandă ca posturile libere de ingineri din institutele de cercetări, de proiectări, din laboratoare centrale, de la organele centrale din regiuni și capitală, să fie ocupate prin concurs după un stagiu de activitate nemijlocit în producție.

9. Se recomandă ca ASIT, în legătură cu sindicatele și organele competente, să organizeze excursii și călătorii de studii la întreprinderile fruntașe din țară și din străinătate precum și la expozițiile organizate în țară sau în străinătate.

II

IN VEDEREA realizării sarcinilor importante ale construcției socialiste a economiei patriei noastre pe linia directivelor partidului și guvernului și ținînd seamă de discuțiile purtate în acest Congres, răspunderi importante revin corpului nostru tehnic, detașament de frunte al intelectualității populare.

Inginerilor și tehnicienilor din siderurgie și industria constructoare de mașini, le revin sarcini importante în etapa actuală a construcției socialiste în ceea ce privește producția de fonte și oțeluri de calitate superioară și înzestrarea ramurilor economiei naționale cu mașini și utilaje moderne de înaltă productivitate. Cercurile ASIT și secțiile de specialitate din filiale să colaboreze prin specialiștii lor mineri și siderurgi la îmbunătățirea extracției și pregătirii cărbunilor de cocsificare și la ameliorarea calității cocsului metalurgic, ținînd seamă de faptul că acest lucru condiționează sporirea producției noastre de oțel. In acest scop se propune să se studieze oportunitatea înființării inspecției tehnice pentru cărbunii cocsificabili.

Inginerilor și tehnicienilor din industria energetică le revine sarcina să devanseze dezvoltarea capacității de producție de energie față de dezvoltarea altor ramuri ale economiei. Să se dea atenție folosirii la maximum a resurselor hidroenergetice din țara noastră.

Inginerii și tehnicienii din industria extractivă să folosească la maximum utilajul minier, să ușureze prin mecanizare munca minierilor și să mărească sistematic productivitatea, în scopul intensificării extracției de minereuri și cărbune.

Inginerii și tehnicienii din ramurile industriei chimice și petrolului, să aducă un aport important în chimizarea petrolului, metanului și a gazelor de sondă, a stufului și a sării, pentru ca în etapa următoare să se producă cantități importante de fibre și fire sintetice, mase plastice, îngrășăminte, mijloace de combatere a dăunătorilor în agricultură, celuloză și hîrtie, în scopul dezvoltării celorlalte ramuri ale economiei.

Inginerii și tehnicienii din construcții și industria materialelor de construcție, să depună eforturi pentru a mări volumul și a îmbunătăți calitatea materialelor de construcție, pentru a executa continuu lucrări de bună calitate, mai ieftine care să fie date în funcțiune la termen.

Geologilor le revine sarcina ca prin metode moderne de prospecțiuni să contribuie neîncetat la sporirea rezervelor industrializabile de materii prime, petrol, metan, cărbune, minereuri.

Inginerii și tehnicienii din industria bunurilor de larg consum, să folosească toate posibilitățile existente pentru a pune la dispoziție oamenilor muncii de la orașe și sate mărfuri mai bune, mai multe și mai ieftine.

Inginerii și tehnicienii din industria lemnului să dea o atenție deosebită obținerii de produse finite și semifinite cît mai valoroase din lemn, introducînd metode de industrializare avansată pentru a valorifica complet și a produce rațional și ieftin.

Inginerii și tehnicienii din agricultură și silvicultură să lupte pentru dezvoltarea continuă a acestor ramuri în scopul făuririi unui belșug de produse agroalimentare și de materii prime agricole și silvice, gospodărind mai bine fondurile agricol și forestier.

Inginerilor și tehnicienilor din transporturi le revine sarcina de a moderniza mijloacele de transport și de a asigura circulația normală a mărfurilor și persoanelor în întreaga țară, contribuind astfel la desfășurarea ritmică a proceselor de producție.

Inginerii și tehnicienii din industria locală și sfaturile populare, sînt chemați să contribuie la valorificarea cît mai completă și cît mai rațională a resurselor locale, contribuind astfel la creșterea fondului de materii prime și produse finite.

III

PENTRU continua îmbunătățire a muncii Asociației, Consiliul Central va trebui să țină seamă de următoarele:

— Activitatea de bază a Asociației desfășurîndu-se în cercurile ASIT, va trebui să se ducă o muncă susținută de întărirea continuă a acestora, pentru ca ele să devină ajutoare prețioase în acțiunea de îmbunătățire a activității de producție. Impreună cu organizațiile sindicale, cercurile ASIT să se preocupe de reușita consfătuirilor de producție, să sprijine activitatea cabinetelor tehnice, mișcarea inovatorilor precum și ridicarea nivelului de pregătire tehnică și economică a muncitorilor și maiștrilor.

— Consiliul Central ASIT să asigure o mai bună legătură și colaborare între secțiile sale de specialitate și între diferitele filiale. Pentru rezolvarea unor probleme complexe care interesează mai multe ramuri economice, Consiliul Central poate organiza comisii de specialiști din sînul secțiilor de specialitate de la Consiliul Central și de la filiale, cu caracter temporar sau permanent, care să studieze și să găsească soluții complete ce vor fi propuse organelor competente.

— In scopul ridicării continue a nivelului profesional al inginerilor și tehnicienilor și în scopul strîngerii legăturilor personale și a cunoașterii reciproce, Consiliul Central ASIT va lua măsuri pentru organizarea Casei Inginerului și Tehnicianului în București și în alte centre.

— In vederea stimulării membrilor ASIT, se vor organiza concursuri cu premii pentru soluționarea unor probleme tehnice și economice de o importanță republicană și regională. In acest scop, Consiliul Central ASIT va face propuneri concrete departamenlelor economice și Consiliului Central al Sindicatelor.

— In activitatea lui viitoare Consiliul Central ASIT să axeze planurile de muncă a secțiilor de specialitate, pe prevederile rezoluțiilor adoptate de delegații în ședințele de lucru pe secții.

*

CONGRESUL al II-lea al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor a dezbătut problemele fundamentale izvorîte din hotărîrile partidului și guvernului, care stau în fața intelectualității tehnice din țara noastră, și a stabilit măsuri pentru îndeplinirea lor.

Inginerii și tehnicienii se angajează ca alături de întregul popor muncitor, să lupte și mai hotărît pentru traducerea în viață a programului de dezvoltare a economiei socialiste, în scopul ridicării nivelului de trai al oamenilor muncii din patria noastră.

Inginerii și tehnicienii își vor intensifica eforturile pentru folosirea tuturor cuceririlor tehnico-științifice, în scopul perfecționării continue a producției industriale și agricole. Al II-lea Congres al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor cheamă întreaga intelectualitate tehnico-științifică din patria noastră să muncească fără preget pentru aplicarea în practică a hotărîrilor adoptate, și să lupte neobosiți pentru întărirea păcii în lume, pentru stabilirea unei înțelegeri depline între toate popoarele.

Formele generale ale rețelelor fictive utilizate, în metoda componentelor simetrice, la studiul rețelelor trifazate

M. PREDA — Craiova *)

Utilitatea aplicării metodei componentelor simetrice pentru studiul regimurilor nesimetrice ale rețelelor trifazate este discutabilă în anumite cazuri. In lucrare autorul precizează limitele în care este avantajos să se folosească metoda componentelor simetrice și în aceste cazuri stabilește scheme noi și mai generale de interconexiuni ale rețelelor fictive.

CZ 538.552.9 :621.3.012.8

Electroenergetica modernă impune, pentru proiectarea rețelelor trifazate și a instalațiilor lor de protecție, studiul anumitor regimuri de funcționare nesimetrică ale acestor rețele, regimuri de avarie sau regimuri normale produse de prezența unor sarcini nesimetrice. Din acest motiv, determinarea curenților și a tensiunilor, ce caracterizează funcționarea rețelelor în astfel de regimuri, constituie o problemă importantă, pentru a cărei rezolvare se utilizează frecvent metoda componentelor simetrice și modelarea matematică a rețelelor fictive cu ajutorul meselor de calcul.

Utilizarea meselor de calcul, conținînd elemente statice, la determinarea curenților de scurtcircuit sau mai general la determinarea curenților dintr-o rețea trifazată, care alimentează sarcini nesimetrice, se poate face numai pe baza realizării unor rețele fictive de calcul, deoarece modelarea directă a elementelor dinamice ale mașinilor electrice din rețea nu se poate face cu elementele statice ale mesei de calcul. Și determinarea analitică a curenților se face mai comod pe baza acestor scheme fictive deoarece, de obicei ele au o formă mai simplă decît rețeaua reală dată.

În prezenta lucrare, se stabilesc pentru aceste scheme fictive forme noi mai generale, decît cele existente în literatură.

Astfel, se realizează o tratare unitară a problemei și totodată se lărgește, într-o oarecare măsură, domeniul de utilizare al acestor mese de calcul; de exemplu prin utilizarea lor la studiul rețelelor cu o nesimetrie simplă oarecare.

Lucrarea se ocupă în special de regimul armonic permanent al rețelelor, însă, rezultatele din cel de al doilea și al treilea paragraf se pot extinde ușor în limitele arătate de [3], [4], [5] și la studiul regimurilor tranzitorii ale acestor rețele.

1. Considerații generale asupra utilității metodei componentelor simetrice și a schemelor de calcul folosite în cadrul acestei metode.

În metoda componentelor simetrice determinarea curenților și a căderilor de tensiune din rețea se face pe baza determinării în prealabil a mărimilor de calcul denumite componente simetrice ale curenților respectiv tensiunilor și definite pentru regimul armonic permanent prin relațiile :

$$\left.\begin{aligned} \overline{I}_0 &= \frac{1}{3}(\overline{I}_1 + \overline{I}_2 + \overline{I}_3) \\ \overline{I}_d &= \frac{1}{3}(\overline{I}_1 + a\overline{I}_2 + a^2\overline{I}_3) \\ \overline{I}_i &= \frac{1}{3}(\overline{I}_1 + a^2\overline{I}_2 + a\overline{I}_3) \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

$$\left.\begin{aligned} \overline{U}_0 &= \frac{1}{3}(\overline{U}_1 + \overline{U}_2 + \overline{U}_3) \\ \overline{U}_d &= \frac{1}{3}(\overline{U}_1 + a\overline{U}_2 + a^2\overline{U}_3) \\ \overline{U}_i &= \frac{1}{3}(\overline{U}_1 + a^2\overline{U}_2 + a\overline{U}_3 \end{aligned}\right\} \quad (2)'$$

sau prin relațiile :

$$\left.\begin{aligned} \overline{I}_1 &= \overline{I}_0 + \overline{I}_d + \overline{I}_i \\ \overline{I}_2 &= \overline{I}_0 + a^2\overline{I}_d + a\overline{I}_i \\ \overline{I}_3 &= \overline{I}_0 + a\overline{I}_d + a^2\overline{I}_i \end{aligned}\right\} \quad (1')$$

$$\left.\begin{aligned} \overline{U}_1 &= \overline{U}_0 + \overline{U}_d + \overline{U}_i \\ \overline{U}_2 &= \overline{U}_0 + a^2\overline{U}_d + a\overline{U}_i \\ \overline{U}_3 &= \overline{U}_0 + a\overline{U}_d + a^2\overline{U}_i \end{aligned}\right\} \quad (2')$$

în care :

$$a = e^{j\frac{2\pi}{3}} \text{ și } j = \sqrt{-1};$$

$\overline{I}_1, \overline{I}_2, \overline{I}_3$ sînt, respectiv, reprezentările complexe ale curenților din cele trei elemente analoge situate pe fazele 1, 2, 3, ale unui element trifazat al rețelei (generator, receptor sau linie trifazată);

*) Ing. M. Preda este lector la Institutul Tehnic Craiova

$\overline{I}_0, \overline{I}_d, \overline{I}_i$ sînt, respectiv, componentele simetrice de succesiune omopolară, directă și inversă ale curenților de mai sus.

Notațiile pentru tensiuni sînt analoge.

Conform relațiilor de definiție ale componentelor simetrice, fiecărei relații dintre curenți și tensiuni îi corespunde o relație bine determinată între componentele simetrice ale acestora; pentru determinarea curenților din rețea (în

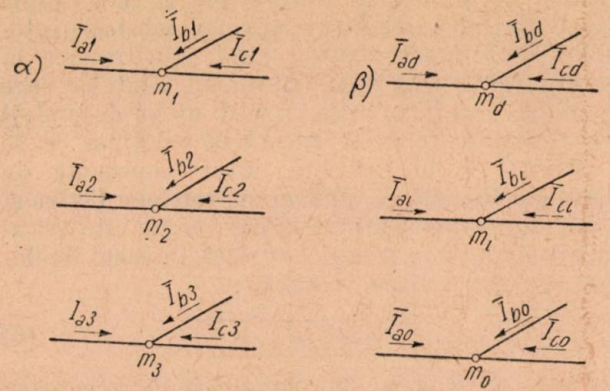


Fig. 1. Noduri analoge în rețeaua trifazată (α) și în rețeaua fictivă (β).

funcție de impedanțe și tensiuni electromotoare) trebuie să se rezolve un anumit sistem de ecuații, iar pentru determinarea componentelor simetrice ale acestor curenți, un alt sistem de ecuații. Pentru rețelele, la care acest al doilea sistem de ecuații are o formă mai simplă și se poate rezolva mai ușor decît primul, metoda componentelor simetrice poate ușura calculul curenților și, deci, studiul regimurilor de funcționare.

Ecuațiile ce leagă valorile curenților din rețea decurg din legile lui Kirchhoff și exprimă legături (relații) realizate de rețeaua dată. Analog, relațiile dintre componentele simetrice, — și care după cum se va arăta în cele ce urmează, au o formă analogă cu a ecuațiilor ce decurg din legile lui Kirchhoff se pot realiza cu ajutorul unor *rețele fictive* de calcul, denumite și scheme echivalente de succesiune directă, inversă respectiv omopolară.

Pentru a deduce structura acestor rețele fictive și cazurile cînd este avantajos și, deci rațional, să se utilizeze metoda componentelor simetrice, se va stabili și analiza forma relațiilor dintre componentele simetrice ale curenților și tensiunilor.

Notînd cu $\overline{I}_{k1}$, $\overline{I}_{k2}$, $\overline{I}_{k3}$ valorile complexe ale curenților din ramurile analoge ce concură, respectiv, în nodurile analoge m_1, m_2, m_3, situate pe fazele *1, 2, 3* ale rețelei, și cu $\overline{I}_{k0}$, $\overline{I}_{kd}$, $\overline{I}_{ki}$ componentele simetrice ale acestor curenți, din prima lege a lui Kirchhoff, rezultă ecuațiile (3′) iar pentru componentele lor simetrice — conform ecuațiilor (1) — ecuațiile (3″):

$$\left.\begin{aligned}\sum_k \overline{I}_{k1} &= 0\\ \sum_k \overline{I}_{k2} &= 0\\ \sum_k \overline{I}_{k3} &= 0\end{aligned}\right\} \quad (3') \qquad \left.\begin{aligned}\sum_k \overline{I}_{kd} &= 0\\ \sum_k \overline{I}_{ki} &= 0\\ \sum_k \overline{I}_{k0} &= 0\end{aligned}\right\} \quad 3'')$$

Ecuațiile (3′) corespund unor ramuri din rețeaua dată (conectate de exemplu în nodurile m_1, m_2, m_3 ca în fig. 1α), ecuațiile (3″) unor ramuri din rețelele fictive (pentru exemplul considerat conectate în nodurile m_d, m_i, m_0 ca în fig. 1β).

Notînd cu $\overline{I}_{n1}$, $\overline{I}_{n2}$, $\overline{I}_{n3}$, $\overline{I}_n$ curenții ce concură, din fazele *1* respectiv *2,3* și firul neutru al rețelei, într-un punct neutru n, din prima lege a lui Kirchhoff, rezultă ecuația (4′) iar pentru componentele simetrice, pe baza primei ecuații din (1) rezultă ecuația (4″):

$$\overline{I}_{n1} + \overline{I}_{n2} + \overline{I}_{n3} = \overline{I}_n \qquad (4')$$

$$3\overline{I}_{n0} = \overline{I}_n \qquad (4'')$$

Notăm respectiv cu $\overline{E}_{k1}$, $\overline{E}_{k2}$, $\overline{E}_{k3}$ și $\overline{U}_{k1}$, $\overline{U}_{k2}$, $\overline{U}_{k3}$, t.e.m. și căderile de tensiune din lungul unor contururi analoge c_1, c_2, c_3 ce conțin, respectiv, elemente ale fazei *1, 2, 3*, si eventual elemente de pe firul neutru cu căderile de tensiune notate cu $\overline{U}_{kn}$; din cea de a doua lege a lui Kirchhoff pentru aceste contururi se obțin ecuațiile (5′) și, corespunzător, pentru componentele simetrice ecuațiile (5″):

$$\left.\begin{aligned}\sum_k \overline{E}_{k1} &= \sum_k \overline{U}_{k1} + \sum_k \overline{U}_{kn}\\ \sum_k \overline{E}_{k2} &= \sum_k \overline{U}_{k2} + \sum_k \overline{U}_{kn}\\ \sum_k \overline{E}_{k3} &= \sum_k \overline{U}_{k3} + \sum_k \overline{U}_{kn}\end{aligned}\right\} \quad (5')$$

$$\left.\begin{aligned}\sum_k \overline{E}_{kd} &= \sum_k \overline{U}_{kd}\\ \sum_k \overline{E}_{ki} &= \sum_k \overline{U}_{ki}\\ \sum_k \overline{E}_{k0} &= \sum_k \overline{U}_{k0} + \sum_k \overline{U}_{kn}\end{aligned}\right\} \quad (5'')$$

Ecuațiile (5′) corespund celor trei contururi analoge din rețeaua dată (de exemplu contururilor $n_1—l_1—n_2—n_1$; $n_1—l_2—n_2—n_1$; $n_1—l_3—n_2—n_1$ din rețeaua reprezentată în fig. 2α), iar ecuațiile (5″) pot fi considerate ca și corespunzînd la trei rețele fictive distincte: rețeaua (fictivă de succesiune) directă, inversă și omopolară (avînd, pentru contururile considerate, structura $n_{d1}—k_d—l_d—n_{d2}—n_{d1}$, $n_{i1}—k_i—l_i—n_{i2}—n_{i1}$, $n_{01}—k_0—l_0—n_{02}—n_{01}$ indicată în fig. 2, β) în care curenții, căderile de tensiune și t.e.m. au valorile componentelor respective.

Analogia dintre perechile de ecuații (3′—3″), (4′—4″), (5′—5″) arată că rețelele fictive, ce

corespund componentelor simetrice directe și inverse, au o conformație analogă cu cea a unei faze (conțin un același număr de elemente care

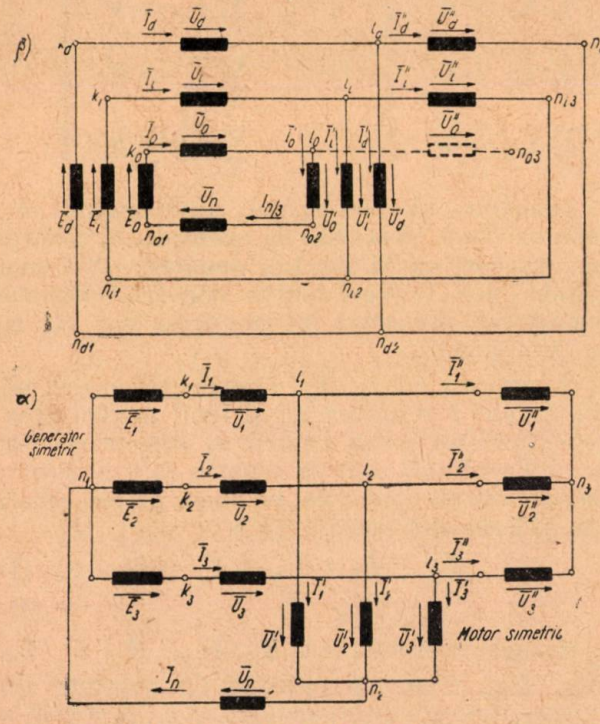


Fig. 2. Rețea trifazată (α) și rețea fictivă corespunzătoare (β).

au o aceeași interconexiune) cu deosebirea că în fiecare rețea fictivă punctele care corespund unor puncte neutre sînt legate printr-un fir perfect conductor (de exemplu n_{d1}—n_{d2}—n_{d3}, n_{i1}—n_{i2}—n_{i3} în fig. 2,β). Ecuațiile corespunzătoare componentelor omopolare conțin și căderile de tensiune de pe firul neutru al rețelei trifazate $\overline{U}_{kn}=\overline{Z}_{kn}\overline{I}_n=3\overline{Z}_{kn}\overline{I}_0$; rezultă că rețeaua omopolară are o formă analogă cu a circuitului format din una din fazele rețelei și din firul neutru ale cărui impedanțe apar însă triplate ($\overline{Z}_n\rightarrow 3\overline{Z}_n$, v. fig. 2,β și 3,β). Lipsa firului neutru corespunde la $\overline{Z}_n=\infty$ și, ca urmare, în rețeaua omopolară, corespunde la întreruperea circuitului (de exemplu n_2—n_3 respectiv n_{02}—n_{03}).

În ceea ce privește elementele (impedanțele) ce realizează, în rețelele fictive, relațiile dintre căderile de tensiune și curenți, acestea rezultă din legea lui Ohm în formă complexă generalizată și sînt date în tabela 1.

Problema elementelor trifazate cu conexiune în triunghi se rezolvă considerînd schemele lor echivalente cu conexiune în stea.

Pentru circuitul considerat (fig. 2,α) în care intervin de exemplu impedanțele indicate în fig. 3,α, corespunde rețeaua fictivă indicată în fig. 3, β.

Din tabelă se observă că relațiile dintre componentele simetrice au: o formă mai simplă decît cele dintre curenții și tensiunile cărora le corespund, în cazul mașinilor electrice trifazate simetrice și a receptoarelor statice simetrice cu cuplaje magnetice între faze; o formă la fel de simplă pentru mașinile trifazate nesimetrice și pentru receptoarele statice nesimetrice avînd cuplaje magnetice între faze; o formă mai complicată pentru receptoarele statice nesimetrice fără cuplaje magnetice între faze. Aceleași concluzii sînt valabile și în ceea ce privește simplitatea rețelelor fictive față de rețeaua trifazată dată.

Evident, calculele în metoda componentelor simetrice și rețelele fictive pot fi mai simple decît calculele directe respectiv schemele rețelelor reale numai atunci cînd prin trecerea la componente simetrice, numărul relațiilor care se simplifică (prin lipsa impedanțelor de cuplaj) este mai mare decît numărul relațiilor ce se complică (prin apariția unor impedanțe de cuplaj). Rezultă că, utilizarea rețelelor fictive și metodei componentelor simetrice nu este avantajoasă și, deci, trebuie evitată în cazul rețelelor ce nu satisfac relația:

$$\boxed{n_n < n_a + n_c} \qquad (6)$$

în care n_n, n_m și n_c sînt numerele de receptoare trifazate statice nesimetrice respectiv de mașini trifazate simetrice și de receptoare statice sau linii trifazate simetrice ce conțin cuplaje magnetice între faze.

Faptul că, de obicei, relația (6) este satisfăcută pentru rețelele sistemelor electro-energetice, determină și justifică larga utilizare a metodei componentelor simetrice.

În ceea ce privește posibilitatea modelării matematice a rețelelor fictive în scopul studierii

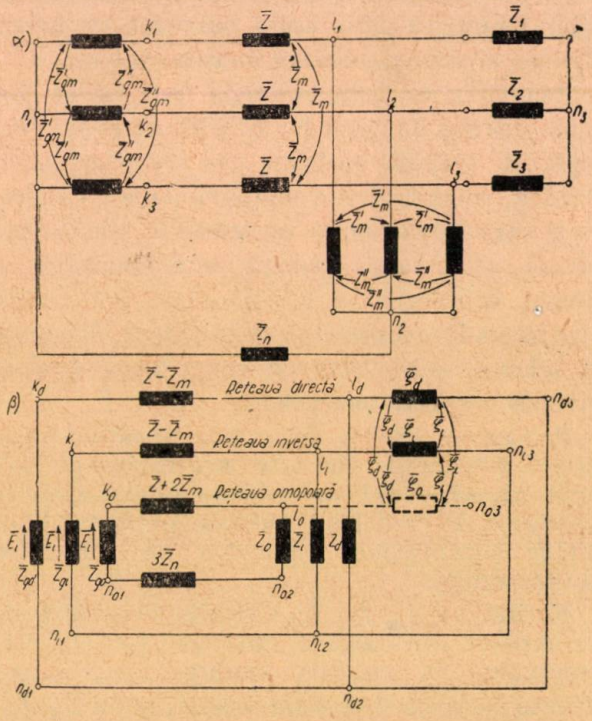
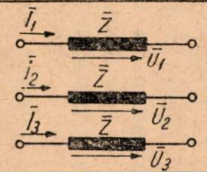
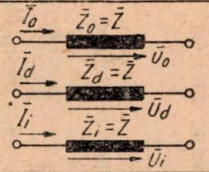
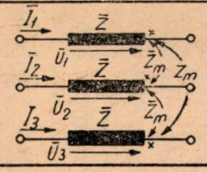
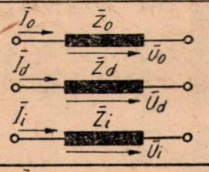
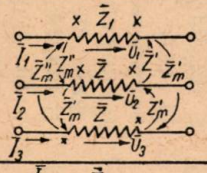
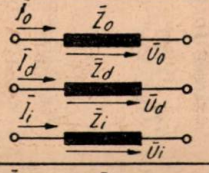
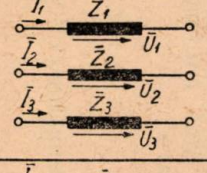
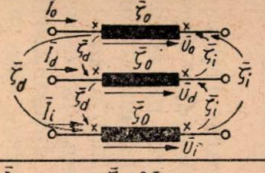
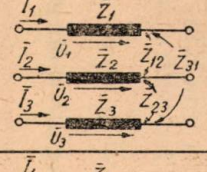
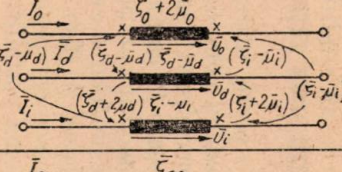
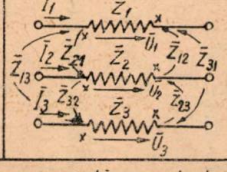
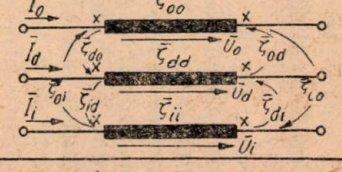


Fig. 3. Structura rețelei trifazate (α) și a rețelei fictive corespunzătoare (β).

Relații între componentele simetrice ale curenților și căderilor de tensiune

Tabela 1

Denumirea elementului de circuit trifazat	Schema elementului	Relațiile dintre tensiuni și curenți	Relațiile corespunzătoare dintre componentele simetrice	Schema fictivă corespunzătoare relațiilor dintre componentele simetrice	Semnificația notațiilor și observațiuni
Receptor static simetric fără cuplaje între faze		$\bar{U}_1=\bar{Z}\bar{I}_1$ $\bar{U}_2=\bar{Z}\bar{I}_2$ (7') $\bar{U}_3=\bar{Z}\bar{I}_3$	$\bar{U}_0=\bar{Z}\bar{I}_0$ $\bar{U}_d=\bar{Z}\bar{I}_d$ (7'') $\bar{U}_i=\bar{Z}\bar{I}_i$		
Receptor static simetric cu cuplaje magnetice între faze		$\bar{U}_1=\bar{Z}\bar{I}_1+\bar{Z}_m\bar{I}_2+\bar{Z}_m\bar{I}_3$ $\bar{U}_2=\bar{Z}_m\bar{I}_1+\bar{Z}\bar{I}_2+\bar{Z}_m\bar{I}_3$ (8') $\bar{U}_3=\bar{Z}_m\bar{I}_1+\bar{Z}_m\bar{I}_2+\bar{Z}\bar{I}_3$	$\bar{U}_0=\bar{Z}_0\bar{I}_0$ $\bar{U}_d=\bar{Z}_d\bar{I}_d$ (8'') $\bar{U}_i=\bar{Z}_i\bar{I}_i$		$\bar{Z}_0=\bar{Z}+2\bar{Z}_m$ $\bar{Z}_d=\bar{Z}_i=\bar{Z}-\bar{Z}_m$ (8''')
Mașină trifazată simetrică		$\bar{U}_1=\bar{Z}\bar{I}_1+\bar{Z}'_m\bar{I}_2+\bar{Z}''_m\bar{I}_3$ $\bar{U}_2=\bar{Z}''_m\bar{I}_1+\bar{Z}\bar{I}_2+\bar{Z}'_m\bar{I}_3$ (9') $\bar{U}_3=\bar{Z}'_m\bar{I}_1+\bar{Z}''_m\bar{I}_2+\bar{Z}\bar{I}_3$	$\bar{U}_0=\bar{Z}_0\bar{I}_0$ $\bar{U}_d=\bar{Z}_d\bar{I}_d$ (9'') $\bar{U}_i=\bar{Z}_i\bar{I}_i$		$\bar{Z}_0=\bar{Z}+\bar{Z}'_m+\bar{Z}''_m$ $\bar{Z}_d=\bar{Z}+a^2\bar{Z}'_m+a\bar{Z}''_m$ (9''') $\bar{Z}_i=\bar{Z}+a\bar{Z}'_m+a^2\bar{Z}''_m$
Receptor static nesimetric fără cuplaje între faze		$\bar{U}_1=\bar{Z}_1\bar{I}_1$ $\bar{U}_2=\bar{Z}_2\bar{I}_2$ (10') $\bar{U}_3=\bar{Z}_3\bar{I}_3$	$\bar{U}_0=\bar{\zeta}_0\bar{I}_0+\bar{\zeta}_i\bar{I}_d+\bar{\zeta}_d\bar{I}_i$ $\bar{U}_d=\bar{\zeta}_d\bar{I}_0+\bar{\zeta}_0\bar{I}_d+\bar{\zeta}_i\bar{I}_i$ (10'') $\bar{U}_i=\bar{\zeta}_i\bar{I}_0+\bar{\zeta}_d\bar{I}_d+\bar{\zeta}_0\bar{I}_i$		$\bar{\zeta}_0=\frac{1}{3}(\bar{Z}_1+\bar{Z}_2+\bar{Z}_3)$ $\bar{\zeta}_d=\frac{1}{3}(\bar{Z}_1+a\bar{Z}_2a^2\bar{Z}_3)$ (10''') $\bar{\zeta}_i=\frac{1}{3}(\bar{Z}_1+a^2\bar{Z}_2+a\bar{Z}_3)$
Receptor static nesimetric cu cuplaje magnetice între faze		$\bar{U}_1=\bar{Z}_1\bar{I}_1+\bar{Z}_{12}\bar{I}_2+\bar{Z}_{13}\bar{I}_3$ $\bar{U}_2=\bar{Z}_{21}\bar{I}_1+\bar{Z}_2\bar{I}_2+\bar{Z}_{23}\bar{I}_3$ (11') $\bar{U}_3=\bar{Z}_3\bar{I}_1+\bar{Z}_{32}\bar{I}_2+\bar{Z}_3\bar{I}_3$	$\bar{U}_0=(\bar{\zeta}_0+2\bar{\mu}_0)\bar{I}_0+(\bar{\zeta}_i-\bar{\mu}_i)\bar{I}_d+(\bar{\zeta}_d-\bar{\mu}_d)\bar{I}_i$ (11'') $\bar{U}_d=(\bar{\zeta}_d-\bar{\mu}_d)\bar{I}_0+(\bar{\zeta}_0-\bar{\mu}_0)\bar{I}_d+(\bar{\zeta}_i+2\bar{\mu}_i)\bar{I}_i$ $\bar{U}_i=(\bar{\zeta}_i-\bar{\mu}_i)\bar{I}_0+(\bar{\zeta}_d+2\bar{\mu}_d)\bar{I}_d+(\bar{\zeta}_0-\bar{\mu}_0)\bar{I}_i$		$\bar{\zeta}_0=\frac{1}{3}(\bar{Z}_1+\bar{Z}_2+\bar{Z}_3)$. $\bar{\mu}_0=\frac{1}{3}(\bar{Z}_{23}+\bar{Z}_{31}+\bar{Z}_{12})$ $\bar{\zeta}_d=\frac{1}{3}(\bar{Z}_1+a\bar{Z}_2+a^2\bar{Z}_3)$; $\bar{\mu}_d=\frac{1}{3}(\bar{Z}_{23}+a\bar{Z}_{31}+a^2\bar{Z}_{12})$ $\bar{\zeta}_i=\frac{1}{3}(\bar{Z}_1+a^2\bar{Z}_2+a\bar{Z}_3)$; $\bar{\mu}_i=\frac{1}{3}(\bar{Z}_{23}+a^2\bar{Z}_{31}+a\bar{Z}_{12})$ Obs. $\bar{Z}_{12}=\bar{Z}_{21}$; $\bar{Z}_{23}=\bar{Z}_{31}$; $\bar{Z}_{31}=\bar{Z}_{13}$, (11''')
Mașină trifazată nesimetrică		$\bar{U}_1=\bar{Z}_1\bar{I}_1+\bar{Z}_{12}\bar{I}_2+\bar{Z}_{13}\bar{I}_3$ $\bar{U}_2=\bar{Z}_{21}\bar{I}_1+\bar{Z}_{22}\bar{I}_2+\bar{Z}_{23}\bar{I}_3$ (12') $\bar{U}_3=\bar{Z}_{31}\bar{I}_1+\bar{Z}_{32}\bar{I}_2+\bar{Z}_{33}\bar{I}_3$	$\bar{U}_0=\bar{\zeta}_{00}\bar{I}_0+\bar{\zeta}_{0d}\bar{I}_d+\bar{\zeta}_{0i}\bar{I}_i$ $\bar{U}_d=\bar{\zeta}_{d0}\bar{I}_0+\bar{\zeta}_{dd}\bar{I}_d+\bar{\zeta}_{di}\bar{I}_i$ (12'') $\bar{U}_i=\bar{\zeta}_{i0}\bar{I}_0+\bar{\zeta}_{id}\bar{I}_d+\bar{\zeta}_{ii}\bar{I}_i$		Obs. $\bar{Z}_{12}=\bar{Z}_{21}$; $\bar{Z}_{23}=\bar{Z}_{32}$; $\bar{Z}_{31}=\bar{Z}_{13}$; $\bar{\zeta}_{00}=\frac{1}{3}(\bar{Z}_{01}+\bar{Z}_{02}+\bar{Z}_{03})$, $\bar{\zeta}_{0d}=\frac{1}{3}(\bar{Z}_{01}+\bar{Z}_{02}+\bar{Z}_{d3})$ $\bar{\zeta}_{d0}=\frac{1}{3}(\bar{Z}_{01}+a\bar{Z}_{02}+a^2\bar{Z}_{03})$; $\bar{\zeta}_{dd}=\frac{1}{3}(\bar{Z}_{01}+a\bar{Z}_{02}+a^2\bar{Z}_{d3})$ $\bar{\zeta}_{i0}=\frac{1}{3}(\bar{Z}_{01}+a^2\bar{Z}_{02}+a\bar{Z}_{03})$; $\bar{\zeta}_{id}=\frac{1}{3}(\bar{Z}_{01}+a^2\bar{Z}_{02}+a\bar{Z}_{d3})$ etc. $\bar{Z}_{01}=\bar{Z}_1+\bar{Z}_{12}+\bar{Z}_{13}$; $\bar{Z}_{02}=\bar{Z}_{21}+\bar{Z}_2+\bar{Z}_{23}$ etc. $\bar{Z}_{0d}=\bar{Z}_1+a\bar{Z}_{12}+a^2\bar{Z}_{13}$, $\bar{Z}_{d2}=\bar{Z}_{21}+a^2\bar{Z}_2+a\bar{Z}_{23}$ etc. $\bar{Z}_{ii}=\bar{Z}_1+a\bar{Z}_{12}+a^2\bar{Z}_{13}$; $\bar{Z}_{12}=\bar{Z}_{21}+a\bar{Z}_2+a^2\bar{Z}_{23}$ etc.

Obs. – $\bar{Z}_n, \bar{Z}_d, \bar{Z}_i$ reprezintă impedanțele echivalente pe fază ale elementului trifazat simetric atunci cînd acesta este parcurs respectiv de un sistem de curenți trifazat simetric de succesiune omopolară directă sau inversă; ele se numesc impedanțe omopolare, directe și inverse a elementului. – Mărimile notate cu $\bar{\zeta}$ sau $\bar{\mu}$ sînt mărimi de calcul, ce nu au o interpretare fizică în rețeaua trifazată acestea pot avea părți reale negative și impedanțe de cuplaj active și reprezintă deci impedanțe fictive.

comportării rețelelor trifazate în regim armonic permanent, este important de remarcat că impedanțele de cuplaj (notate cu $\overline{\zeta}$) ce intervin în relațiile dintre componentele simetrice, nu satisfac întotdeauna relațiile de reciprocitate ale lui Maxwell $\overline{Z}_{m12} = \overline{Z}_{m21}$ și deci, nu se pot realiza întotdeauna prin elemente statice reprezentînd rezistențe, inductivități sau capacități [2]. Ecuațiile unui receptor static nesimetric fără cuplaje magnetice (10″) (tabela 1) au, în metoda componentelor simetrice, o formă analogă cu ecuațiile (8′) (tabela 1) ce exprimă relațiile dintre curenți și tensiuni la o mașină trifazată simetrică; aceasta este complicația ce intervine în realizarea fizică a rețelelor fictive și care impune un studiu mai detaliat al problemei realizării unor rețele fictive mai simple.

Deoarece, pe de o parte, utilizarea rețelelor fictive simplifică calculul componentelor simetrice, prin aceea că permite utilizarea metodelor și teoremelor referitoare la calculul curenților, și la determinarea acestor componente, iar pe de altă parte permite modelarea relațiilor dintre componentele simetrice și deci determinarea experimentală a acestor componente, este util să se studieze problema posibilităților de realizare cît mai simplă a acestor rețele fictive. În continuare vom numi rețelele trifazate rețele cu nesimetrie simplă sau multiplă după cum conțin un singur element trifazat nesimetric sau mai multe asemenea elemente.

2. Scheme fictive realizabile cu elemente statice, pentru rețelele trifazate cu nesimetrie simplă

Utilizarea meselor de calcul de curent alternativ, la studiul regimurilor de funcționare a rețelelor trifazate, pune problema realizării unor rețele fictive conținînd numai impedanțe de cuplaj ce satisfac ecuațiile de reciprocitate ale lui Maxwell. Schemele fictive ale rețelelor nesimetrice nu satisfac, în general aceste ecuații. Receptoarele statice nesimetrice, care satisfac aceste ecuații de reciprocitate, sînt conform (11″) (tabela 1), acelea pentru care:

$$\overline{\zeta}_d = \overline{\zeta}_i \text{ și } \overline{\mu}_d = \overline{\mu}_i \qquad (13)$$

și, deci, după cum rezultă și din ecuațiile (11‴), acelea la care

$$\overline{Z}_2 = \overline{Z}_3 \text{ și } \overline{Z}_{12} = \overline{Z}_{31} \qquad (14)$$

Ca urmare, se pot realiza scheme fictive cu elemente statice pentru receptoarele statice nesimetrice avînd două faze identice (fig. 4,*a*); schema fictivă corespunzătoare este cea reprezentată în fig. 4,*b*.

Pentru a simplifica calculele și realizarea rețelei fictive, este avantajos să se înlocuiască această schemă fictivă care conține cuplaje, printr-un hexapol echivalent, care să nu conțină cuplaje și să corespundă acelorași ecuații (11″). În acest scop, este suficient să observăm că

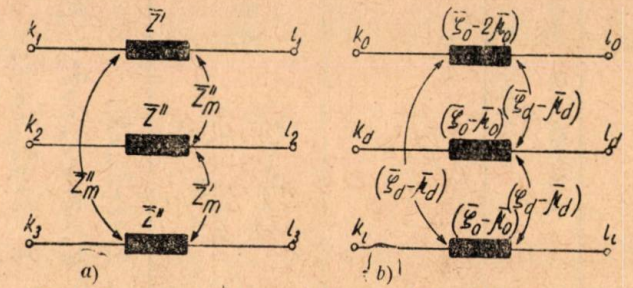


Fig. 4. Receptor trifazat static nesimetric avînd fazele *2* și *3* identice (*a*) și schema fictivă corespunzătoare (*b*).

ecuațiile (11″) pot fi scrise, ținînd seamă și de ecuațiile (13), în formele:

$$\left.\begin{aligned}
\overline{U}_0 &= (\overline{\zeta}_d - \overline{\mu}_d)(\overline{I}_0 + \overline{I}_d + \overline{I}_i) + \\
&\quad + (\overline{\zeta}_0 - \overline{\zeta}_d + 2\overline{\mu}_0 + \overline{\mu}_d)\overline{I}_0 \\
\overline{U}_d &= (\overline{\zeta}_d - \overline{\mu}_d)(\overline{I}_0 + \overline{I}_d + \overline{I}_i) + (3\overline{\mu}_d)(\overline{I}_d + \overline{I}_i) + \\
&\quad + (\overline{\zeta}_0 - \overline{\zeta}_d - \overline{\mu}_0 - 2\overline{\mu}_d)\overline{I}_d \\
\overline{U}_i &= (\overline{\zeta}_d - \overline{\mu}_d)(\overline{I}_0 + \overline{I}_d + \overline{I}_i) + (3\overline{\mu}_d)(\overline{I}_d + \overline{I}_i) + \\
&\quad + (\overline{\zeta}_0 - \overline{\zeta}_d - \overline{\mu}_0 - 2\overline{\mu}_d)\overline{I}_i
\end{aligned}\right\} \qquad (15)$$

$$\left.\begin{aligned}
\overline{U}_0 &= (\overline{\zeta}_0 + 2\overline{\mu}_0)\overline{I}_0 + (\overline{\zeta}_d - \overline{\mu}_d)\overline{I}_d + (\overline{\zeta}_d - \overline{\mu}_d)\overline{I}_i \\
\overline{U}_d &= (\overline{\zeta}_d - \overline{\mu}_d)\overline{I}_0 + (\overline{\zeta}_0 - \overline{\mu}_0)\overline{I}_d + (\overline{\zeta}_d + 2\overline{\mu}_d)\overline{I}_i \\
\overline{U}_i &= (\overline{\zeta}_d - \overline{\mu}_d)\overline{I}_0 + (\overline{\zeta}_d + 2\overline{\mu}_d)\overline{I}_d + (\overline{\zeta}_0 - \overline{\mu}_0)\overline{I}_i
\end{aligned}\right\} \qquad (16)$$

Ecuațiilor (15) le corespunde hexapolul echivalent reprezentat cu linie continuă în fig. 5, *a*, iar ecuațiilor (16) cel din fig. 5,*b*. Cu linii punctate s-au reprezentat rețelele fictive corespunzătoare părții simetrice de rețea (rețelele de succesiune omopolară, directă și inversă). În scheme s-au indicat valorile impedanțelor de calcul, din ecuațiile (15) și (16), în funcție de impedanțele elementului nesimetric (anexa 1).

Oricare din aceste scheme de interconexiune a rețelelor fictive *o*, *d*, *i* ale rețelei simetrice, la care este conectat receptorul nesimetric considerat, asigură realizarea în aceste rețele a unor curenți și căderi de tensiune ce au valori egale cu componentele simetrice din rețeaua trifazată.

În ipoteza utilizării meselor de calcul, și pentru o simplificare a calculelor, este important de remarcat că schema din fig. 5,*a*, se poate realiza folosind numai rezistențe pozitive dacă $R'' = \mathrm{Re}\ (\overline{Z}'') < R' = \mathrm{Re}\ (\overline{Z}')$, iar cea din fig. 5,*b* dacă $R'' > R'$.

Aceste scheme pot fi utilizate, în particular, la studiul comportării sistemului de alimentare două conducte pămînt (D.C.P.), utilizat destul de frecvent în electrificări rurale; prin particularizarea schemei din fig. 5,*b*, pentru $\overline{Z}' = \overline{Z}'_m = 0$

și pentru o rețea omopolară cu impedanță de intrare infinită, se obține schema propusă de B. Rozemberg [7].

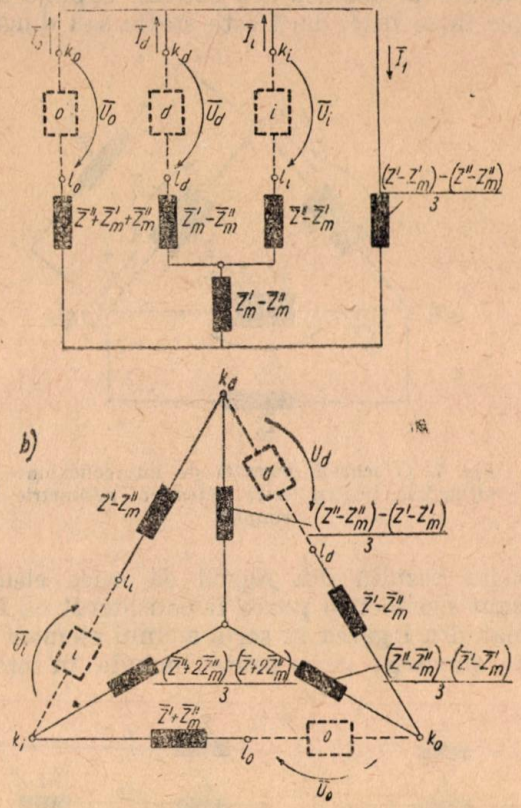


Fig. 5. Schemele generale de interconexiune ale rețelelor fictive *o*, *d*, *i*, în cazul unei nesimetrii simple statice avînd fazele *2* și *3* identice.

În cazurile particulare cînd receptorul nesimetric conține numai impedanțe proprii ($\overline{Z}'_m = \overline{Z}''_m = 0$) schemele de interconexiune capătă forma indicată în fig. 6, *a* și 6, *b*.

Ultimele scheme pot fi utilizate, fiecare pentru studiul oricăruia din defectele ce produc nesimetrie pe o singură fază a unei rețele trifazate simetrice; este însă avantajos să se utilizeze schema din fig. 6, *a* sau *b* după cum $R'' < R'$ sau $R'' > R'$ (astfel se evită utilizarea unor scheme ce conțin rezistențe negative).

Pînă în prezent în literatură [1—8] se studiau separat problemele diferitelor cazuri particulare de scurtcircuite sau de întreruperi indicîndu-se pentru fiecare caz particular cîte o schemă de interconexiune. Cele expuse în acest paragraf constituie o rezolvare unitară a tuturor acestor probleme, iar cele două scheme generale noi din fig. 5 dau posibilitatea determinării simple (prin particularizări comode) a schemelor corespunzătoare de interconexiuni fără a impune utilizarea unor tablouri de scheme sau deducerea de fiecare dată a acestor scheme pe baza teoriei componentelor simetrice. De exemplu, pentru un scurtcircuit net între faza *1* și pămînt sau pentru întreruperea a două faze corespunde $\overline{Z}' = \overline{Z}'_m = \overline{Z}''_m = 0$ și $\overline{Z}'' = \infty$; avînd $R' < R''$ se utilizează schema din fig. 6, *b*

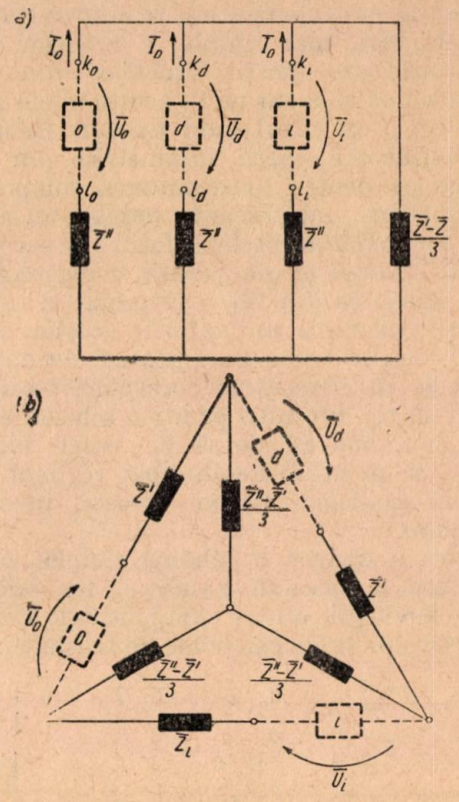


Fig. 6. Schemele generale de interconexiune a rețelelor fictive, pentru rețele trifazate conținînd un singur receptor static nesimetric fără cuplaje magnetice între faze și avînd fazele *2* și *3* identice.

obținîndu-se legarea nemijlocită în serie a rețelelor directă, inversă și omopolară.

3. O nouă categorie de rețele fictive pentru rețelele trifazate cu nesimetrie simplă oarecare

În literatură nu se indică scheme, principial exacte, care să permită utilizarea meselor de calcul de curent alternativ — pe care se realizează rețelele fictive prin utilizarea de elemente statice ca rezistențe, inductanțe și capacități — — și la studiul problemei rețelelor trifazate cu nesimetrie simplă oarecare. În literatură s-au propus, pentru rezolvarea acestei probleme, soluții particulare care au dezavantajul că necesită instalații speciale: mașini cu colector [8] sau transformatoare rotitoare [6].

În acest paragraf se propune o schemă simplă de interconexiune ce permite utilizarea acestor mese de calcul și la studiul problemei rețelelor trifazate cu nesimetrie simplă oarecare.

Cele expuse în primul paragraf scot în evidență faptul că, complicațiile ce intervin la realizarea schemei fictive a unei rețele trifazate cu nesimetrie simplă oarecare, se datoresc

elementelor ce reprezintă, în rețeaua fictivă, nesimetria din rețea — aceste elemente nu satisfac relațiile de reciprocitate ale lui Maxwell. Aceasta sugerează ideea înlăturării din schema fictivă a acestor elemente și realizarea unei alte interconectări, mai simple, a rețelelor fictive corespunzătoare părții simetrice din rețea, astfel încît să se mențină în aceste rețele același regim ca și în cazul cînd existau elementele corespunzătoare părții nesimetrice din rețea.

Deoarece pentru determinarea componentelor simetrice interesează numai un anumit regim particular al rețelelor fictive de succesiune directă, inversă și omopolară, corespunzătoare părții simetrice din rețea (regimul în care curenții și tensiunile au valorile acestor componente) noua interconectare poate fi obținută fără a impune ca elementele corespunzătoare nesimetriei să fie înlocuite printr-o schemă echivalentă, ci numai ca ele să fie astfel înlocuite încît să se mențină neschimbat regimul particular al rețelelor fictive directe, inverse și omopolare.

Pentru a deduce o schemă simplă, care să îndeplinească această condiție, ne bazăm pe faptul că relațiile dintre componentele simetrice ale curenților și ale căderilor de tensiune :

$$\left.\begin{aligned} \underline{U}_0 &= \underline{\zeta}_{00}\underline{I}_0 + \underline{\zeta}_{0d}\underline{I}_d + \underline{\zeta}_{0i}\underline{I}_i \\ \underline{U}_d &= \underline{\zeta}_{d0}\underline{I}_0 + \underline{\zeta}_{dd}\underline{I}_d + \underline{\zeta}_{di}\underline{I}_i \\ \underline{U}_i &= \underline{\zeta}_{i0}\underline{I}_0 + \underline{\zeta}_{id}\underline{I}_d + \underline{\zeta}_{ii}\underline{I}_i \end{aligned}\right\} \quad (17)$$

au o formă simplă și în cazul unui receptor cu o nesimetrie oarecare, dacă acesta are o cădere de tensiune nulă pe prima fază ($U_1 = 0$).

În cazul obișnuit, cînd rețeaua simetrică ce alimentează un astfel de receptor nesimetric conține numai generatoare cu tensiuni electromotoare simetrice, ecuațiile (17) impun condiția :

$$\underline{U}_0 + \underline{U}_d + \underline{U}_i = 0 \quad (18)$$

și următoarele valori reciproce ale coeficienților de nesimetrie a curenților din receptorul nesimetric :

$$\left.\begin{aligned} \underline{\alpha}_0 &= \frac{\underline{I}_d}{\underline{I}_0} = \frac{(\underline{\zeta}_{00}+\underline{Z}_0)(\underline{\zeta}_{ii}+\underline{Z}_i)-\underline{\zeta}_{i0}\cdot\underline{\zeta}_{0i}}{\underline{\zeta}_{0d}(\underline{\zeta}_{ii}+\underline{Z}_i)-\underline{\zeta}_{id}\underline{\zeta}_{0i}} \\ \underline{\alpha}_i &= \frac{\underline{I}_d}{\underline{I}_i} = \frac{(\underline{\zeta}_{00}+\underline{Z}_0)(\underline{\zeta}_{ii}+\underline{Z}_i)-\underline{\zeta}_{i0}\underline{\zeta}_{0i}}{\underline{\zeta}_{0d}\underline{\zeta}_{i0}-\underline{\zeta}_{id}(\underline{\zeta}_{00}+\underline{Z}_0)} \end{aligned}\right\} \quad (19)$$

unde $\underline{Z}_0$ și $\underline{Z}_i$ sînt impedanțele de intrare ale rețelelor fictive, corespunzătoare părții simetrice de rețea, de succesiune omopolară, respectiv inversă.

Se verifică ușor că o schemă simplă care satisface aceste condiții (18) și (19) este cea indicată în fig. 7, în care impedanțele au valorile :

$$\underline{Z}'_i = \frac{\underline{Z}_i}{\underline{\alpha}_i - 1}\,; \quad \underline{Z}'_0 = \frac{\underline{Z}_0}{\underline{\alpha}_0 - 1}\,. \quad (20)$$

Este important de relevat că această schemă poate fi utilizată pentru orice rețea trifazată cu nesimetrie simplă oarecare, indiferent dacă elementul nesimetric are sau nu cuplaje magnetice între faze, dacă este static sau dinamic.

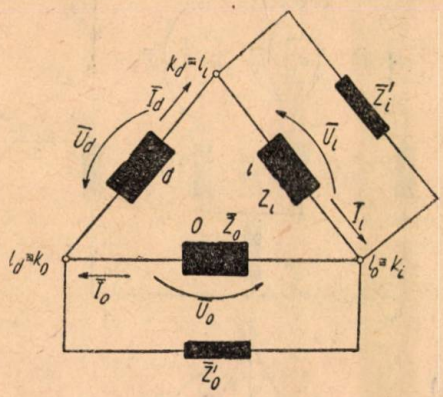


Fig. 7. O schemă generală de interconexiune utilizabilă pentru orice rețea cu nesimetrie simplă.

Aceasta rezultă din faptul că orice element trifazat nesimetric poate fi considerat ca fiind format din legarea în serie a unui element trifazat simetric, ce se poate include în rețeaua

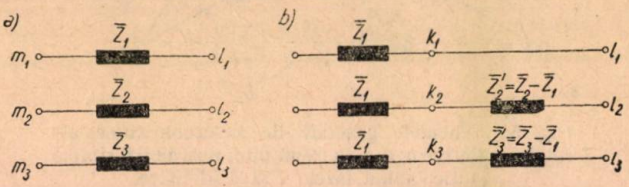


Fig. 8. „Descompunerea" unui receptor static nesimetric (*a*) într-un receptor simetric și unul nesimetric (*b*).

simetrică și unul nesimetric care satisface condiția $U_1 = 0$.

De exemplu, un receptor fără cuplaje magnetice între faze (fig. 8,*a*) se poate descompune (fig. 8,*b*) într-un receptor static simetric avînd impedanța proprie a fazelor $\underline{Z}_1$ și unul nesimetric avînd impedanțele $\underline{Z}'_1 = 0$, $\underline{Z}'_2 = \underline{Z}_2 - \underline{Z}_1$, $\underline{Z}'_3 = \underline{Z}_3 - \underline{Z}_1$, în funcție de valorile acestor impedanțe se determină coeficienții din ecuațiile (19) și se calculează apoi, pe baza ecuațiilor (20), impedanțele $\underline{Z}'_0$ și $\underline{Z}'_d$. Pentru a nu impune o valoare negativă pentru rezistența uneia din impedanțele $\underline{Z}'_i$ și $\underline{Z}'_0$ este indicat să se considere ca fază de referință *1*, faza pe care receptorul nesimetric are cea mai mică rezistență.

Pentru cazul cel mai general al unui receptor nesimetric cu cuplaje magnetice între faze (fig. 9,*a*) (indiferent dacă este static și deci $\underline{Z}_{12} = \underline{Z}_{21}$ sau dinamic și deci $\underline{Z}_{12} \neq \underline{Z}_{21}$) acesta se descompune ca în fig. 9, *b*.

Valorile impedanțelor din această ultimă schemă sînt:

$$\overline{Z}'_2 = \overline{Z}_2 - \overline{Z}_1;\quad \overline{Z}'_3 = \overline{Z}_3 - \overline{Z}_1;\quad \overline{Z}'_{21} = \overline{Z}_{21} - \overline{Z}_{13};$$

$$\overline{Z}'_{31} = \overline{Z}_{31} - \overline{Z}_{12};\quad \overline{Z}'_{32} = \overline{Z}_{32} - \overline{Z}_{13};\quad \overline{Z}'_{23} = \overline{Z}_{23} - \overline{Z}_{12}$$

Utilizarea acestei scheme este avantajoasă în special atunci cînd se utilizează mese de

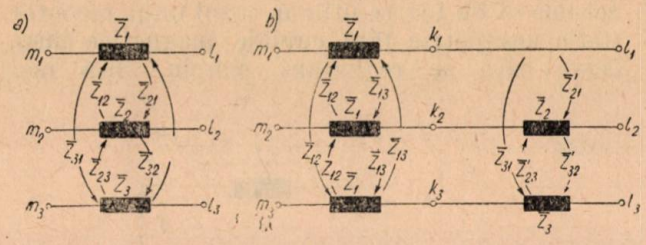


Fig. 9. „Descompunerea" unui receptor nesimetric oarecare (*a*) într-o mașină simetrică și una nesimetrică (*b*).

calcul, deoarece în acst caz, determinarea impedanțelor $\overline{Z}_0$ și $\overline{Z}_i$ se face foarte simplu prin măsurarea impedanțelor de intrare ale acestor rețele fictive.

4. Realizarea rețelelor fictive cu ajutorul transformatoarelor rotitoare

Impedanțele de cuplaj ce corespund în rețelele fictive elementelor nesimetrice constituie elemente relativ greu de realizat chiar și în cazurile cînd se utilizează auxiliare moderne de calcul; astfel, la utilizarea analizatorului cu transformatoare realizarea acestor impedanțe de cuplaj necesită folosirea unor transformatoare a căror rapoarte de transformare sînt variabile în funcție de valorile impedanțelor ce intervin în nesimetrie [6].

În literatură, pentru o mai justă utilizare a auxiliarelor de calcul se studiază și se propun diferite scheme particulare de interconexiune realizate cu ajutorul „transformatoarelor rotitoare" ce au un raport de transformare independent de valorile impedanțelor din circuit.

În cele ce urmează, se stabilesc două scheme generale de interconexiune ce utilizează transformatoare rotitoare și sînt, fiecare, aplicabile pentru un element nesimetric oarecare cu cuplaje sau fără cuplaje între faze, static sau dinamic. Aceste scheme dau posibilitatea unei realizări relativ simple a rețelelor fictive, pentru cazurile cele mai generale de rețele trifazate cu nesimetrii multiple oarecare. Pentru a obține aceste scheme, vom demonstra că utilizarea transformatoarelor rotitoare avînd un raport de transformare a tensiunilor și a curenților egal cu $\overline{K}_U = \overline{K}_I = 1$, a sau a^2, permite să se realizeze direct relațiile dintre componentele simetrice, pe baza relațiilor lor de definiție (1,2), în funcție de valorile dintre curenții și tensiunile la bornele elementelor nesimetrice.

În adevăr, realizarea relațiilor exprimate de ecuațiile (2) sau (2′), și corespunzătoare unui element trifazat nesimetric N, se face simplu, folosind transformatoare cu rapoarte de transformare a tensiunilor convenabil alese, așa cum se indică în schemele din fig. 10, *a*, respectiv 10,*b*. Pe de altă parte, o dată formate aceste scheme, se observă ușor că ele realizează, respectiv, și relațiile (1′), (1) dintre componentele simetrice ale curentului, dacă rapoartele de transformare ale curenților sînt respectiv egale cu cele ale tensiunilor.

Rezultă că fiecare din schemele de interconexiune, indicate în aceste figuri, rezolvă complet problema interconexiunii rețelelor fictive pentru cazul general al unei rețele trifazate cu nesimetrie multiplă oarecare — deoarece relațiile dintre componentele simetrice ale curenților și tensiunilor, realizate de transformatoarele

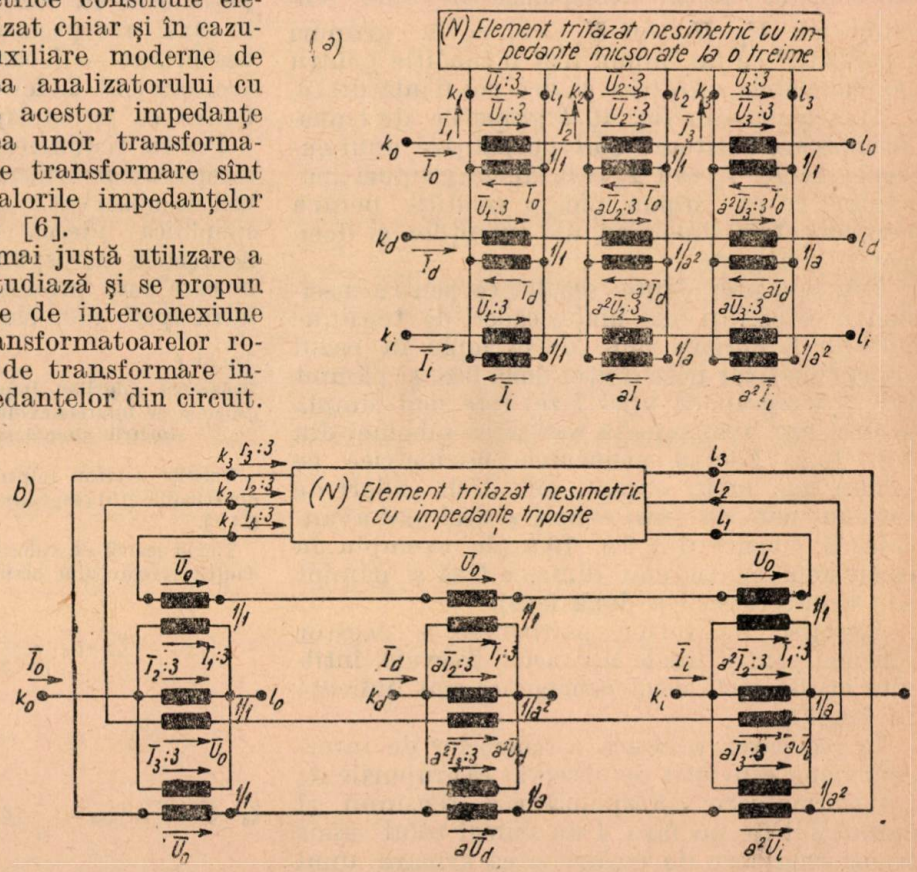


Fig. 10. Cele două forme generale echivalente ale schemelor de interconexiune realizate cu transformatoare rotitoare.

rotitoare, corespund totdeauna relațiilor existente între curenții și tensiunile elementului nesimetric, indiferent de felul acestui element trifazat.

Cele două scheme de interconexiune (fig. 10, *a* și 10, *b*) sînt deci echivalente și pot fi folosite, fiecare principial, atît pentru nesimetrii longitudinale cît și pentru nesimetrii transversale. Pentru a obține însă scheme de interconexiune cît mai simple și necesitînd un număr cît mai mic de transformatoare rotitoare, este util să remarcăm că în schema din fig. 10, *a*, grupurile de transformatoare corespunzătoare unor tensiuni nule $\overline{U}_1$, $\overline{U}_2$ sau $\overline{U}_3 = 0$, devin grupuri „parazite" ce nu impun nici o condiție pentru componentele simetrice și, deci pot fi înlăturate.

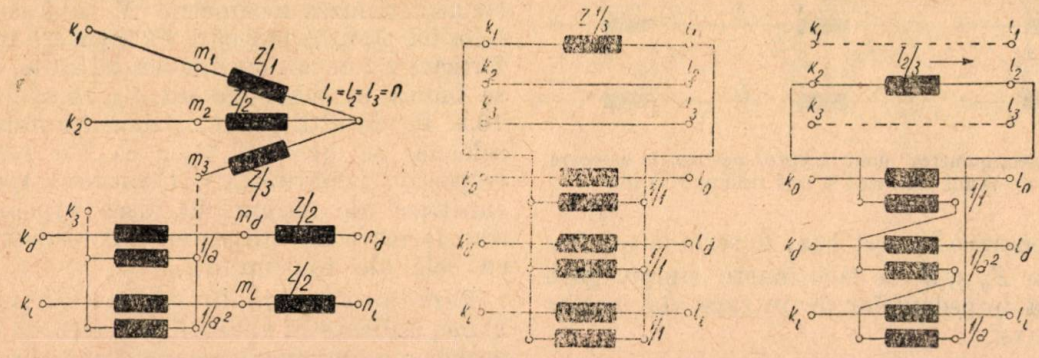


Fig. 11. Exemplificarea unor forme particulare de scheme pentru unele nesimetrii frecvent întîlnite: *a* — întreruperea fazei *1* ($Z_1 = \infty$), sau scurtcircuitarea fazelor *2* și *3*; *b* — întreruperea fazelor *1* și *3* sau scurtcircuitarea pe faza *2*; *c* — scurtcircuit între fazele *1* și *2* sau întreruperea fazei *3* la un receptor cu conexiune în stea și nul izolat.

In schema din fig. 10, *b* grupurile de transformatoare rotitoare corespunzătoare unui curent nul I_1, I_2 sau $I_3 = 0$, devin grupuri „parazite" ce nu impun nici o condiție pentru componentele simetrice, ale curenților și deci, pot fi înlăturate.

Din cele precedente, rezultă că pentru nesimetrii ce conțin mai multe căderi de tensiune nule decît curenți nuli (de exemplu în cazul scurtcircuitelor nete dintre două faze și pămînt sau a întreruperii unei faze) este mai simplă și deci mai avantajoasă realizarea schemei din fig. 10,*a*. Pentru elementele nesimetrice ce conțin mai mulți curenți nuli decît căderi de tensiune nule este mai simplă și deci mai avantajoasă schema din fig. 10,*b* (de exemplu în cazul unui scurtcircuit dintre o fază și pămînt sau a întreruperii a două faze).

Exemple de forme particulare a acestor scheme, pentru unele nesimetrii frecvent întîlnite în sistemele electroenergetice sînt indicate în fig. 11.

În realizarea practică a schemelor de interconexiune este util de observat că grupurile de transformatoare corespunzătoare tensiunii și curentului de pe faza *1* au numai rolul unor transformatoare de izolare și ca urmare unul din grupurile de acest fel poate fi înlocuit întotdeauna cu legături galvanice; (prin realizarea unei legături galvanice se poate fixa valoarea potențialului unui punct al rețelelor fictive omopolare și inverse față de potențialul rețelei directe fără a modifica regimul de funcționare al acestor rețele).

Faptul că schemele de interconectare cu transformatoare rotitoare, studiate mai sus, impun totodată realizarea schemei elementului trifazat nesimetric corespunzător face ca aceste scheme să fie foarte utile în cazul unui receptor static nesimetric fără cuplaje magnetice între faze — care se realizează simplu, însă mai puțin utile în cazul mașinilor nesimetrice sau în cazul receptoarelor cu cuplaje magnetice nesimetrice — deoarece rețelele corespunzătoare acestora sînt la fel de complicate ca și rețelele fictive ce le corespund.

Pentru realizarea rețelelor fictive, în cazul receptoarelor trifazate statice nesimetrice, este util de observat că aceste rețele fictive se pot simplifica adesea considerînd că receptorul nesimetric corespunde unui receptor simetric în care s-au produs anumite scurtcircuite sau întreruperi convenabil alese.

Anexa 1

Deducerea valorilor impedanțelor ce intervin în schema generală de interconexiune pentru rețelele trifazate cu nesimetrie simplă și avînd două faze identice

Valorile acestor impedanțe, ce corespund coeficienților din ecuațiile (15) respectiv (16) se determină pe baza ecuațiilor (11‴).

Ținînd seamă de valorile indicate în fig. 4,*a* pentru impedanțele receptorului nesimetric, se obține:

$$\overline{\zeta}_d - \overline{\mu}_d = \frac{1}{3}[\overline{Z}' + (a + a^2)\overline{Z}''] -$$

$$- \frac{1}{3}[\overline{Z}'_m + (a + a^2)\overline{Z}''_m] = \frac{(\overline{Z}' - \overline{Z}'_m) - (\overline{Z}'' - \overline{Z}''_m)}{3}$$

$$\overline{\zeta}_0 - \overline{\zeta}_d + 2\overline{\mu}_0 + \overline{\mu}_d = \frac{1}{3}(\overline{Z}' + 2\overline{Z}'') - \frac{1}{3}[\overline{Z}' + (a + a^2)\overline{Z}''] +$$

$$+ 2\frac{1}{3}(\overline{Z}'_m + \overline{2Z}''_m) + \frac{1}{3}[\overline{Z}'_m + (a + a^2)\overline{Z}''_m] = \overline{Z}''_m + Z'_m + \overline{Z}''_m.$$

$$3\overline{\mu_d} = \overline{Z}'_m + (a + a^2)\overline{Z}''_m = \overline{Z}'_m - \overline{Z}''_m$$

$$\overline{\zeta_0} - \overline{\zeta_d} - \overline{\mu_0} - 2\overline{\mu_d} = \overline{Z}'' - \frac{1}{3}(\overline{Z}'_m + 2\overline{Z}''_m) -$$

$$- \frac{2}{3}[\overline{Z}'_m + (a + a^2)\overline{Z}''_m] = \overline{Z}'' - \overline{Z}'_m$$

respectiv

$$\overline{\zeta_0} + 2\overline{\mu_0} + 2(\overline{\zeta_d} - \overline{\mu_d}) = \frac{1}{3}(\overline{Z}' + 2\overline{Z}'') + 2\frac{1}{3}(\overline{Z}'_m + 2\overline{Z}''_m) +$$

$$+ \frac{2}{3}[(\overline{Z}' - \overline{Z}'_m) - (\overline{Z}'' - \overline{Z}''_m)] = \overline{Z}' + 2\overline{Z}''_m,$$

$$(\overline{\zeta_0} - \overline{\mu_0}) + (\overline{\zeta_d} - \overline{\mu_d}) + (\overline{\zeta_d} + 2\overline{\mu_d}) = \overline{\zeta_0} + 2\overline{\zeta_d} + \overline{\mu_d} - \overline{\mu_0} =$$

$$= \frac{1}{3}(\overline{Z}' + 2\overline{Z}'') + \frac{2}{3}(\overline{Z}' - \overline{Z}'') +$$

$$+ \frac{1}{3}(\overline{Z}'_m - \overline{Z}''_m) - \frac{1}{3}(\overline{Z}'_m + 2\overline{Z}''_m) = \overline{Z}' - \overline{Z}''_m,$$

$$\overline{\zeta_0} - \overline{\mu_0} = \frac{1}{3}(\overline{Z}' + 2\overline{Z}'') - \frac{1}{3}(\overline{Z}'_m + 2\overline{Z}''_m) =$$

$$= \frac{(\overline{Z}' - \overline{Z}'_m) + 2(\overline{Z}'' - \overline{Z}''_m)}{3}$$

$$\overline{\zeta_d} + 2\overline{\mu_d} = \frac{(\overline{Z}' + 2\overline{Z}'_m) - (\overline{Z}'' + 2\overline{Z}''_m)}{3}.$$

Bibliografie

[1] *Racz I.*: A szimmetrikus összetevök. modszerenek elesnei, Budapesta, 1952.

[2] *Zeveke G.* şi *Ionkin P.*: Osnovî Electrotehnichi G. E. I., Moscova, 1955.

[3] *Zeveke G.*: Primenenie metoda simetricinih sostavliaiuşcih dlia isledovania perehodnîh proţesov v staticeschih trehfaznîh ţepiah, Electricestvo 74 (1954) 2, p. 54—55.

[4] *Atabecov G.* şi *Mamiconiant G.*: Complexniie shemî zameşcenia dlia isledovania perehodnîh proţesov metodon simetricinîh sostavliaiuşcih, Electricestvo 74 (1954) 2, p. 52-54.

[5] *Losev S.* şi *Cernin A.*: Practiceschii metod raşceta perehodnîh proţesov pri corotkih zamîcaniah na liniah s raspredelenimi parametrami, Electricestvo, 77 (1957) 4, p. 14—16.

[6] *Davies M.*: Transformer analogue network analyzers, Proc. Instn. electr. Engrs. (1953) 100.

[7] *Rozenberg I.*: Complexniie shemî zameşcenia trehfaznih setei pri necotorîh vidah asimetr , Electricestvo 77 (1957) 4, p. 16—22.

[8] *Scedrin N.*: C teorii slojnîh nesimetricinîh rejimov electriceschih sistem, Electricestvo 66 (1946) 5, p. 66—76.

Regimuri electromagnetice tranzitorii simetrice ale maşinii asincrone

F. MANEA — Bucureşti.*)

Intr-o lucrare anterioară au fost deduse ecuaţiile generale operaţionale în coordonatele vectorilor reprezentativi, pentru regimurile tranzitorii ale maşinii asincrone. Aceste ecuaţii pot fi folosite pentru studiul diferitelor cazuri particulare evitîndu-se procedeele laborioase de determinare a constantelor de integrare. In lucrare autorul prezintă două asemenea aplicaţii, una care constă în studiul regimului tranzitoriu simetric al unei maşini asincrone în repaus căreia i se aplică brusc tensiunea la borne şi alta care priveşte studiul scurtcircuitului trifazat la bornele maşinii asincrone în rotaţie.

CZ 621.313.33.015.3

Prezentul studiu constituie o aplicare a ecuaţiilor operaţionale generale ale maşinii asincrone trifazate deduse într-o lucrare anterioară [8].

Folosind coordonatele vectorilor reprezentativi rezultanţi şi transformata Laplace în condiţii iniţiale nenule s-au obţinut ecuaţiile operaţionale generale, ca relaţii explicite între tensiunile aplicate, curenţii şi impedanţele operaţionale, într-o formă relativ simplă [8].

Pornind de la acestea, în funcţie de condiţiile iniţiale şi finale date se pot studia diverse cazuri particulare. În acest fel se evită procedeul de a determina pentru fiecare caz particular de funcţionare constantele respective de integrare a ecuaţiilor diferenţiale, folosit în mod curent [1], [2], [3], [4], [5], [6].

De asemenea se evită procedeul mai laborios de a relua pentru fiecare caz particular rezolvarea ecuaţiilor, ca relaţii între tensiuni şi fluxuri, fluxuri şi curenţi [7], în vederea obţinerii relaţiilor directe între tensiuni şi curenţi.

Totodată considerăm ca utilă redarea într-o formă simplă a expresiilor finale, în funcţie de parametrii uşor de stabilit pe cale experimentală sau uşor de dedus cu ajutorul unor date caracteristice (cunoscute) ale maşinii.

Pentru aceasta, se vor face anumite aproximaţii uşor controlabile, admise în calculele practice.

Se vor rezolva regimurile electromagnetice tranzitorii simetrice de curenţi la aplicarea bruscă a tensiunii unei maşini în repaus şi scurtcircuitul trifazat la bornele maşinii asincrone în rotaţie cu viteză constantă. Aceste exemple au fost alese drept cazuri tipice, extreme; pentru alte cazuri, rezolvarea va fi asemănătoare.

*) Ing. F. Manea este asistent la Institutul Politehnic din Bucureşti şi cercetător principal la Institutul de Energetică al Acad. R.P.R.

1. Ecuațiile operaționale generale ale mașinii asincrone

Vectorii reprezentativi rezultanți, în planul complex, referitori la stator (indice 1) și rotor (indice 2) se găsesc [8], în relațiile date de sistemul (1)

$$i_1^+(p) = \frac{[V_1^+(p) + \psi_1^+(0)]\cdot[\sigma\alpha_2 + p - j\omega] - \frac{M_0}{L_2}\psi_2^+(0)\cdot e^{-j\theta_0}\cdot p}{L_1\sigma\cdot[p^2 + p(\alpha_1+\alpha_2 - j\omega) + \alpha_1\alpha_2\sigma - j\omega\alpha_1]}$$

$$i_2^+(p) = \frac{\psi_2^+(0)\cdot[\sigma\alpha_1 + p + j\omega] - \frac{M_0}{L_1}[V_1^+(p) + \psi_1^+(0)]\,e^{-j\theta_0}\cdot p}{L_2\sigma\cdot[p^2 + p(\alpha_1+\alpha_2 + j\omega) + \alpha_1\alpha_2\sigma + j\omega\alpha_1]} \qquad (1)$$

S-a notat prin: $i^+(p)$, $V^+(p)$ curentul respectiv tensiunea ca vectori reprezentativi operaționali; L_1, L_2, M_0, inductanțele totale primară, secundară și de magnetizare;

$$\psi_1^+(0) = \frac{V_1^+(0) - R_1\cdot i_1^+(0)}{j\omega_1},\quad \psi_2^+(0) = -\frac{R_2\cdot i_2^+(0)}{jS\omega_1}$$

fluxurile reprezentative în momentul inițial, $t = 0$; ω, viteza unghiulară a rotorului; θ_0, unghiul inițial dintre axele fazelor corespunzătoare (statorice cu rotorice); $\sigma = 1 - \frac{M_0^2}{L_1L_2}$ coeficientul de dispersiune; $\alpha_1 = \frac{R_1}{\sigma L_1}$, constanta de atenuare a statorului cu rotorul fără rezistență în scurtcircuit (inversa constantei de timp tranzitorie); $\alpha_2 = \frac{R_2}{\sigma L_2}$, idem referitor la rotor. Toate mărimile sînt „raportate".

2. Regimul electromagnetic tranzitoriu de curenți la pornire

Considerăm un motor asincron în repaus ($\omega = 0$) căruia i se aplică un sistem trifazat simetric de tensiuni (2)

$$v_1^a = V\cos(\omega_1 t + \varphi) = V\frac{e^{j(\omega_1 t+\varphi)} + e^{-j(\omega_1 t+\varphi)}}{2}$$

$$v_1^b = V\cos\left(\omega_1 t + \varphi - \frac{2\pi}{3}\right) = V\frac{a^2 e^{j(\omega_1 t+\varphi)} + a\cdot e^{-j(\omega_1 t+\varphi)}}{2} \qquad (2)$$

$$v_1^c = V\cos\left(\omega_1 t + \varphi + \frac{2\pi}{3}\right) = V\frac{a\cdot e^{j(\omega_1 t+\varphi)} + a^2\cdot e^{-j(\omega_1 t+\varphi)}}{2}$$

Vectorul reprezentativ al tensiunii rezultă imediat conform expresiei (3)

$$V^+(t) = \frac{2}{3}(v_1^a + a\cdot v_1^b + a^2\cdot v_1^c) = V\cdot e^{j(\omega_1 t+\varphi)}. \qquad (3)$$

Transformata Laplace a acesteia este, $V^+(p) = \frac{V\cdot e^{j\varphi}}{p - j\omega_1}$.

Cu aceasta, deoarece curenții inițiali sînt nuli, $\psi_1^+(0) = \psi_2^+(0) = 0$, expresia (1) devine (4)

$$i_1^+(p) = \frac{Ve^{j\varphi}(p + \sigma\alpha_2)}{\sigma L_1(p - j\omega_1)\cdot[p^2 + p(\alpha_1+\alpha_2) + \alpha_1\alpha_2\sigma]} \qquad (4)$$

Trecerea la funcția de timp $i_1^+(t)$, original, se face ușor dacă se cunosc polii funcției operaționale $i_1^+(p)$. Rădăcinile ecuației de gradul doi a numitorului vor fi:

$$p_{1,2} = -\frac{\alpha_1+\alpha_2}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\alpha_1+\alpha_2}{2}\right)^2 - \alpha_1\alpha_2\sigma} =$$

$$= -\frac{\alpha_1+\alpha_2}{2}\left[1 \mp \sqrt{1 - \frac{4\alpha_1\alpha_2\sigma}{(\alpha_1+\alpha_2)^2}}\right].$$

Deoarece σ este în general mic ($< 0{,}1$) se poate aproxima radicalul spre a obține valori ușor de calculat ale rădăcinilor:

$$p_{1,2} \simeq -\frac{\alpha_1+\alpha_2}{2}\left[1 \mp \left(1 - \frac{2\alpha_1\alpha_2\sigma}{(\alpha_1+\alpha_2)^2}\right)\right];$$

$$p_1 \simeq -\frac{\alpha_1\alpha_2}{\alpha_1+\alpha_2}\sigma;\quad p_2 \simeq -(\alpha_1+\sigma_2) + \frac{\alpha_1\alpha_2}{\alpha_1+\alpha_1}\sigma.$$

Descompunînd expresia curentului operațional în fracții simple și trecînd la funcția original se obține (5):

$$i_1^+(t) = \frac{V\cdot e^{j\varphi}}{\sigma L_1}\left[\frac{j\omega_1 + \sigma\alpha_2}{(j\omega_1 - p_1)(j\omega_1 - p_2)}\cdot e^{j\omega_1 t} + \right.$$

$$\left. + \frac{p_1 + \sigma\cdot\alpha_2}{(p_1 - j\omega_1)(p_1 - p_2)}e^{p_1 t} + \frac{\sigma\alpha_2 + p_2}{(p_2 - j\omega_1)(p_2 - p_1)}e^{p_2 t}\right]. \qquad (5)$$

În funcție de reactanțele de dispersiune și rezistențele raportate, $X_1 = (L_1 - M_0)\omega_1 \simeq X_2 = (L_2 - M_0)\omega_1$, R_1, R_2, reactanța de magnetizare $X_0 = M_0\omega_1$ reactanța tranzitorie $X' = \sigma L_1\omega_1 = \sigma(X_1 + X_0)$ și alunecarea critică $S_k = \frac{R_2}{\sigma L_2\omega_1} = \frac{R_2}{X'}$, avem:

$$\sigma = 1 - \frac{X_0^2}{(X_0+X_1)(X_0+X_2)};\quad \alpha_1 = \frac{R_1}{\sigma L_1} = \frac{R_1}{X'}\omega_1;$$

$$\alpha_2 = \frac{R^2}{\sigma L_2}S_k\cdot\omega_1;\quad \sigma\alpha_2 = \frac{R_2}{L_2} = \frac{R_2}{X_0+X_2}\omega_1;$$

$$p_1 \simeq -\frac{1}{\frac{L_1}{R_1}+\frac{L_2}{R_2}} = -\frac{\omega_1}{\frac{X_1+X_0}{R_1}+\frac{X_2+X_0}{R_2}} \simeq -\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}\cdot\frac{\omega_1}{X_1+X_0};$$

$$p_2 \simeq -\left(\frac{R_1}{\sigma L_1}+\frac{R_2}{\sigma L_2}\right)+\frac{1}{\frac{L_1}{R_1}+\frac{L_2}{R_2}} \simeq -\frac{R_1+R_2}{X'}\omega_1.$$

Pentru a obține expresii practice, simple, vom neglija $\sigma\alpha_2$ și p_1, față de $j\omega_1$ și p_2 (cca. 0,1 față de 1).

În acest caz avem (6):

$$i_1^+(t) \simeq \frac{V\cdot e^{j\varphi}}{\sigma L_1 (j\omega_1 - p_2)}\left(e^{j\omega_1 t} - e^{p_2 t}\right). \qquad (6)$$

În absența componentei omopolare, curentul fazei a se obține din expresia:

$$i_1^a(t) = \frac{i_1^+(t)+i_1^-(t)}{2} = \mathrm{Re}\, i_1^+(t).$$

Re (...) indică reținerea componentei reale a expresiei următoare iar $i^-(t)$ reprezintă conjugatul complex al lui $i^+(t)$.

În felul acesta, dacă rezistența statorului este foarte mică, $R_1 \simeq 0$ se obține (7)

$$i_1^a(t) = \frac{V}{X'\sqrt{1+S_k^2}}\left[\sin(\omega_1 t + \varphi - \operatorname{arc\,tg} S_k) - e^{-S_k\cdot\omega_1 t}\sin(\varphi - \operatorname{arc\,tg} S_k)\right]. \qquad (7)$$

Pentru rezistență statorică egală cu cea rotorică (raportată), $p_2 = -2S_k\omega_1$, se obține (8)

$$i_1^a(t) \simeq \frac{V}{X'\sqrt{1+4S_k^2}}\left[\sin(\omega_1 t + \varphi - \operatorname{arc\,tg} 2S_k) - e^{-2S_k\omega_1 t}\sin(\varphi - \operatorname{arc\,tg} 2S_k)\right]. \qquad (8)$$

Dacă aplicarea tensiunii se face în momentul corespunzător unghiului $\varphi = \frac{\pi}{2} - \operatorname{arc\,tg}\left(\frac{p_2}{\omega_1}\right)$ curentul fazei a va avea cele mai mari valori conform expresiei (9)

$$i_1^a(t) \simeq \frac{V}{X'\sqrt{1+\left(\frac{p_2}{\omega_1}\right)^2}}\left(\cos\omega_1 t - e^{p_2 t}\right). \qquad (9)$$

Curentul rotoric, $i_2^a(t)$ se obține în mod analog.

Rezultă

$$i_2^a(t) = -\frac{V\cdot e^{j(\varphi-\theta_0)}}{\sigma\frac{L_1L_2}{M_0}}\cdot\left[\frac{j\omega_1\cdot e^{j\omega_1 t}}{(j\omega_1-p_1)(j\omega_1-p_2)} + \frac{p_1\cdot e^{p_1 t}}{(p_1-j\omega_1)(p_1-p_2)} + \frac{p_2\cdot e^{p_2 t}}{(p_2-j\omega_1)(p_2-p_1)}\right].$$

Cu aceleași aproximații avem expresia mai simplă (10):

$$i_2^a(t) = -\frac{V}{X'\left(1+\frac{x_2}{x_0}\right)\cdot\sqrt{1+\left(\frac{p_2}{\omega_1}\right)^2}}\left[\sin\left(\omega_1 t + \varphi - \theta_0 + \operatorname{arc\,tg}\cdot\frac{p_2}{\omega_1}\right) - e^{p_2 t}\cdot\sin\left(\varphi-\theta_0 + \operatorname{arc\,tg}\frac{p_2}{\omega_1}\right)\right]. \qquad (10)$$

Pentru curenții celorlalte faze, b și c, se vor adăuga defazajele respective de $\mp 2\frac{\pi}{3}$.

3. Curenții de scurtcircuit trifazat

La scurtcircuit trifazat, $V^+(p) = 0$, polii curentului operațional reprezentativ statoric (1) sînt rădăcinile ecuației de gradul doi a numitorului, $p^2 + p(\alpha_1+\alpha_2 - j\omega) + \alpha_1\alpha_2\sigma - j\omega\alpha_1 = 0$.

Rezultă,

$$p = -\frac{\alpha_1+\alpha_2-j\omega}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{j\omega}{2}\right)^2\left[1 - 2\frac{\alpha_1-\alpha_2}{\omega}j - \frac{(\alpha_1+\alpha_2)^2-4\sigma\alpha_1\alpha_2}{\omega^2}\right]}.$$

Aproximînd radicalul, avem:

$$p \simeq -\frac{\alpha_1+\alpha_2-j\omega}{2} \pm j\frac{\omega}{2}\left[1 - j\frac{\alpha_1-\alpha_2}{\omega} - \frac{1}{2}\frac{(\alpha_1+\alpha_2)^2-4\sigma\alpha_1\alpha_2}{\omega^2}\right]$$

sau,

$$p_1 \simeq -\alpha_2 + j\omega\cdot\left[1-\left(\frac{\alpha_1+\alpha_2}{2\omega}\right)^2 - \frac{\alpha_1\alpha_2\sigma}{\omega^2}\right] \simeq -\alpha_2 + j\omega$$

$$p_2 \simeq -\alpha_1 + j\omega\left[\left(\frac{\alpha_1+\alpha_2}{2\omega}\right)^2 - \frac{\alpha_1\alpha_2\sigma}{\omega^2}\right] \simeq -\alpha_1.$$

În mod analog, pentru curentul operațional reprezentativ rotoric (1) se obțin polii,

$$p_1 \simeq -\alpha_2 - j\omega\left[\left(\frac{\alpha_1+\alpha_2}{2\omega}\right)^2 - \frac{\alpha_1\alpha_2\sigma}{\omega^2}\right] \simeq -\alpha_2$$

$$p_2 \simeq -\alpha_1 - j\omega\left[1 - \left(\frac{\alpha_1+\alpha_2}{2\omega}\right)^2 - \frac{\alpha_1\alpha_2\sigma}{\omega^2}\right] \simeq -\alpha_1 - j\omega.$$

Pentru calculele practice, erorile datorită aproximării polilor sînt admisibile (cca 1% pentru module în cazul mașinilor de puteri medii).

Cu acestea, rezultă (11):

$$i_1^+(p) \simeq \frac{\psi_1^+(0)\,[\sigma\alpha_2 + p - j\omega] - \frac{M_0}{L_2}\psi_2^+(0)\cdot e^{j\theta_0}\cdot p}{L_1\sigma(p+\alpha_2-j\omega)(p+\alpha_1)}$$

$$i_2^+(p) \simeq \frac{\psi_2^+(0)\cdot[\sigma\alpha_1 + p + j\omega] - \frac{M_0}{L_1}\psi_1^+(0)\,e^{-j\theta_0}\cdot p}{L_2\sigma\cdot(p+\alpha_1+j\omega)(p+\alpha_2)}. \qquad (11)$$

Trecerea la funcția original rezultă imediat conform expresiilor (12)

$$i_1^+(t) \simeq \frac{\psi_1^+(0)\cdot\alpha_2(\sigma-1) - \frac{M_0}{L_2}\cdot\psi_2^+(0)\cdot e^{+j\theta_0}\cdot(-\alpha_2+j\omega)}{\sigma L_1\cdot(\alpha_1-\alpha_2+j\omega)}\cdot$$
$$\cdot e^{-\alpha_2 t+j\omega t} +$$
$$+\frac{\psi_1^+(0)\cdot(\sigma\alpha_2-\alpha_1-j\omega) - \frac{M_0}{L_2}\psi_2^+(0)\cdot e^{j\theta_0}\cdot(-\alpha_1)}{\sigma L_1(\alpha_2-\alpha_1-j\omega)}\cdot e^{-\alpha_1 t} \quad (12)$$

$$i_2^+(t) \simeq \frac{\psi_2^+(0)\,\alpha_1(\sigma-1) - \frac{M_0}{L_1}\cdot\psi_1^+(0)\cdot e^{j\theta_0}(-\alpha_1-j\omega)}{\sigma L_2(\alpha_2-\alpha_1-j\omega)}\cdot$$
$$\cdot e^{-\alpha_1 t-j\omega t} +$$
$$+\frac{\psi_2^+(0)\cdot(\sigma\alpha_1-\alpha_2+j\omega) - \frac{M_0}{L_1}\psi_1^+(0)\cdot e^{-j\theta_0}(-\alpha_2)}{\sigma L_2(\alpha_1-\alpha_2+j\omega)}\cdot e^{-\alpha_2 t}.$$

Cu destul de bună aproximație (eroare neglijabilă), deoarece :

$$\left[\psi_1^+(0)\cdot(1-\sigma) - \frac{M_0}{L_2}e^{j\cdot\theta}\cdot\psi_2^+(0)\right]\alpha_2 \ll \frac{M_0}{L_2}e^{-j\cdot\theta_0}\cdot$$
$$\cdot\psi_2^+(0)\cdot j\omega$$
$$\left[\psi_1^+(0)\cdot\left(1-\sigma\frac{\alpha_2}{\alpha_1}\right) - \frac{M_0}{L_2}e^{j\theta_0}\cdot\psi_2^+(0)\right]\alpha_1 \ll \psi_1^+(0)\cdot j\omega$$
$$\left[\psi_2^+(0)\cdot(1-\sigma) - \frac{M_0}{L_1}e^{-j\theta_0}\cdot\psi_1^+(0)\right]\alpha_1 \ll \frac{M_0}{L_1}e^{-j\theta_0}\cdot$$
$$\cdot\psi_1^+(0)j\omega$$
$$\left[\psi_2^+(0)\cdot\left(1-\sigma\frac{\alpha_1}{\alpha_2}\right) - \frac{M_0}{L_1}e^{-j\theta_0}\cdot\psi_1^+(0)\right]\alpha_2 \ll \psi_2^+(0)\cdot j\omega$$
$$\alpha_1-\alpha_2 \ll j\omega.$$

rezultă (13)

$$i_1^+(t) \simeq \frac{\psi_1^+(0)}{\sigma L_1}e^{-\alpha_1 t} - \frac{M_0}{\sigma L_1 L_2}e^{j\theta_0}\cdot\psi_2^+(0)\cdot e^{-\alpha_2 t+j\omega t}$$
$$i_2^+(t) \simeq \frac{\psi_2^+(0)}{\sigma L_2}e^{-\alpha_2 t} - \frac{M_0}{\sigma L_1 L_2}e^{-j\theta_0}\cdot\psi_1^+(0)\cdot e^{-\alpha_1 t+j\omega t}. \quad (13)$$

Ținînd seama de expresiile fluxurilor :

$$\psi_1^+(0) = L_1\cdot i_1^+(0) + M_0 e^{j\theta_0}\cdot i_2^+(0) \text{ și}$$
$$\psi_2^+(0) = L_2\cdot i_2^+(0) + M_0 e^{-j\theta_0}\cdot i_1^+(0)$$

relațiile (13) devin (14) :

$$i_1^+(t) \simeq \frac{\psi_1^+(0)}{\sigma L_1}[e^{-\alpha_1 t} - e^{-\alpha_2 t+j\omega t}] + i_1^+(0)\cdot e^{-\alpha_2 t+j\omega t}$$
$$i_2^+(t) \simeq \frac{\psi_2^+(0)}{\sigma L_2}[e^{-\alpha_2 t} - e^{-\alpha_1 t+j\omega t}] + i_2^+(0)\cdot e^{-\alpha_1 t+j\omega t}. \quad (14)$$

Rezistența statorică fiind în general mică avem,

$$\psi_1^+(0) = \frac{V_1^+(0) - R_1\cdot i_1^+(0)}{j\omega_1} \simeq \frac{V_1^+(0)}{j\omega_1} = \frac{V_1\cdot e^{j\varphi}}{j\omega_1}.$$

În consecință se obține pentru curentul statoric reprezentativ expresia (15)

$$i_1^+(t) \simeq \frac{V_1\cdot e^{j\varphi}}{jX'}(e^{-\alpha_1 t} - e^{-\alpha_2 t+j\omega t}) + I_1\cdot e^{j(\varphi-\varphi_1)-\alpha_2 t+j\omega t} \quad (15)$$

S-a notat prin x' reactanța tranzitorie, $x' = x_1 + \frac{x_2 x_0}{x_2+x_0}$ iar prin φ_1 defazajul curentului statoric I_1 față de tensiunea înainte de scurtcircuit.

Reținem partea reală spre a obține curentul fazei *a* :

$$i_1^a(t) \simeq \frac{V_1}{X'}[\sin\varphi\cdot e^{-\alpha_1 t} - e^{-\alpha_2 t}\sin(\omega t+\varphi)] +$$
$$I_1\cos(\omega t+\varphi-\varphi_1)\cdot e^{-\alpha_2 t}.$$

Observăm că dacă înainte de defect motorul funcționa în gol, $i_2^+(0) \simeq 0$, $\psi_1^+(0) \simeq L_1\cdot i_1^+(0)$, expresia (15) a curentului statoric devine (16)

$$i_1^+(t) = \frac{i_1^+(0)}{\sigma}\cdot[e^{-\alpha_1 t} - (1-\sigma)e^{-\alpha_2 t+j\omega t}]. \quad (16)$$

Din aceasta rezultă imediat expresiile curenților statorici obținute de alți autori [5],[6], ca soluții aproximative ale scurtcircuitului trifazat la bornele mașinii asincrone.

Constantele de timp tranzitorii, $T' = \frac{1}{\alpha}$, fiind ca mărime de ordinul sutimilor de secundă, regimurile electromagnetice tranzitorii ale motoarelor asincrone vor dura numai cîteva perioade.

Importantă va fi deci mai ales valoarea de șoc a curenților tranzitorii, iar variația în timp a vitezei de rotație nu va influența în mare măsură aceste valori.

Concluzii

Ecuațiile operaționale în condiții inițiale nenule, folosind transformata Laplace și coordonatele vectorilor reprezentativi rezultanți sînt comode în studiul regimurilor mașinii asincrone conducînd la obținerea imediată a soluțiilor pentru diversele cazuri particulare.

Soluțiile aproximative deduse în vederea calculelor practice pornind de la soluții mai exacte, conțin aproximații ușor controlabile.

Pentru scurtcircuitul trifazat s-au dedus expresii simple ale curenților și în cazul cînd înainte de scurtcircuit motorul funcționează în sarcină.

Bibliografie

[1] *Stanley H. C.*: An Analysis of the Induction Machine, Trans. Am. Instn. eletr. Engrs., 56 (1937), p. 751—754.

[2] *Cazovskii E. Ia*: Perehodnie rejimi v asinhronih mașini pri vcliuceniah i Korotkih zamîcaniiah, Electricestvo, 67 (1947) 6, p. 19—27.

[3] *Ianko — Triniţkii A. A.*: Uravneniia perehodnîh elektromagnitnîh proţesov asinhronovo dvigatelia i ih reşenie, Electricestvo, 71 (1951) 3. p. 18—25.

[4] *Fourmarier. P.*: Les schemas equivalents des machines éléctriques en régime transitoire Bull. A.S.E. 44 (1953) 12, p. 527—533.

[5] *Kovács K. Pal* și *Rácz I.*: Váltakozóaramu gépek tranziens folyamatai Akademiai Kiado, Budapest, 1954.

[6] *Schuisky W.*: Übergangsvorgänge bei Induktionsmaschinen, Arch. Elektrotechn., 42 (1956) 1, p. 55—70.

[7] *Akhunlar. A.*: Behandlung der Ausgleichsvorgänge in Drehstrom Asynchronmotoren.. Arch. Elektrotechn., 42 (1956), 4. p. 223—236.

[8] *Manea F.*: Ecuațiile operaționale generale ale mașinii asincrone, Electrotehnica, 5 (1957) 2, p. 43—48.

Despre alegerea dimensiunilor principale ale lamelor bimetalice simple folosite ca relee de supracurent

A. SEMLYÉN, — Timișoara *)

Principiile de alegere a lamelor bimetalice pentru releele de supracurent nu sînt unanim acceptate. In cadrul articolului sînt expuse considerații care privesc aceste principii și pe baza cărora se prezintă un releu bimetalic perfecționat.

CZ 621.316.925.43 :621.315.554

1. Schema de construcție a unui releu termic cu bimetal (de construcție simplă), avînd contacte normal închise este reprezentată în fig. 1, *a*. La $I = 0$ bimetalul are temperatura mediului

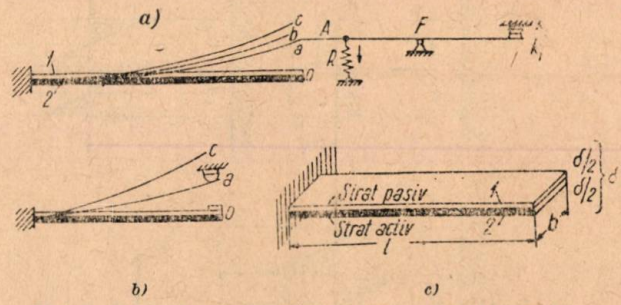


Fig. 1. Schema constructivă a unui releu bimetalic.
a—construcția unui releu bimetalic; *b*—bimetal care închide un contact; *c*—dimensiunile principale ale lamei bimetalice.

ambiant ($= \theta_0$; supratemperatura $\tau = 0$) avînd poziția O.

La $I \leqslant I_n$ bimetalul are supratemperaturi cuprinse între 0 și τ_{fn}, iar la curentul limită $I = I_l = (1{,}05—1{,}2) I_n$ bimetalul are supratemperatura τ_{fl} (temperatura θ_{fl}) la care se îndoaie, dacă nu este împiedicat, pînă în poziția b, prezentînd săgeata f_b. În realitate, încă în poziția a (cu săgeata f_a) bimetalul atinge capătul A al brațului care poartă contactul mobil K_1 și este reținut de către forța resortului R în această poziție fiind îndoit elastic în raport cu poziția liberă b. Abia la supratemperatura τ_{fl} forța elastică învinge forța rezistentă (raportată la punctul A) și contactele se deschid. La curenți mai mari, dacă bimetalul nu este reținut, el se va îndoi pînă în poziția extremă c, (săgeata fiind f_c) corespunzătoare supratemperaturii maxime admisibile. În cazul cînd bimetalul închide un contact (fig. 1, *b*), el este oprit în poziția a și îndoit elastic în raport cu o poziție cu săgeată liberă mai mare (poziția extremă fiind c).

2. Dimensiunile principale ale lamei bimetalice sînt date în fig. 1, *c*.

Presupunem $\alpha_1 < \alpha_2$ (α reprezintă coeficientul de dilatație termică liniară). În lipsa forțelor interioare între straturi am avea situația din fig. 2, *a*.

În realitate, cele două straturi nu alunecă liber între ele: apar forțele interioare $F_1 = F_2 = F$, care în raport cu axele centrale ale fiecărui strat produc momentele M_1 și M_2 (fig. 2, *b*).

Presupunem straturile de aceeași grosime și modulele de elasticitate egale cu valoarea medie $E = \frac{E_1 + E_2}{2}$ (eroarea care rezultă este mică).

Sub acțiunea acestor momente și forțe, straturile se lungesc (respectiv stratul 2 se comprimă) și se încovoaie, curbura fiind:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EJ}. \qquad (1)$$

Aici

$$M = M_1 = M_2 = F \frac{\delta}{4} \qquad (2)$$

și

$$J = J_1 = J_2 = \frac{b\left(\frac{\delta}{2}\right)^3}{12} = \frac{b\delta^3}{96}. \qquad (3)$$

*) Ing. A. Semlyén este lector la Institutul Politehnic din Timișoara.

Alungirea specifică în urma încovoierii este (fig. 2,c):

$$\lambda = \frac{\varphi(\rho + e) - \varphi e}{\varphi\rho} = \frac{e}{\rho}. \qquad (4)$$

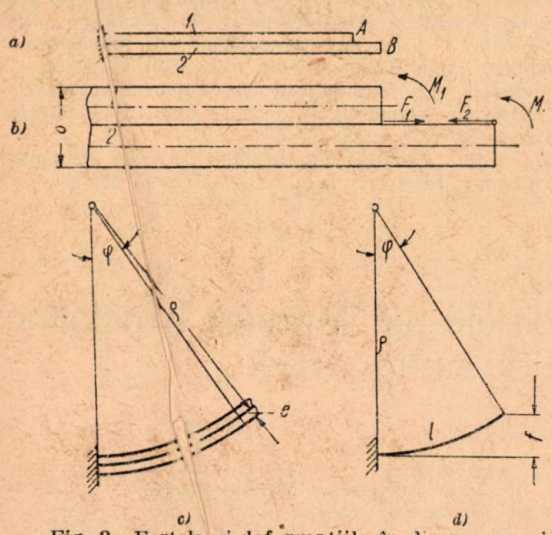


Fig. 2. Forţele şi deformaţiile în diverse cazuri

a—aşezarea straturilor în lipsa sudurii dintre ele; *b*—forţele interioare şi cuplurile datorite sudurii straturilor; *c*—încovoierea lamei bimetalice; *d*—figură pentru calculul săgeţii.

Alungirile specifice în dreptul suprafeţei de contact dintre straturi sînt indicate în tabela 1.

Tabela 1

Felul alungirii		Stratul 1	Stratul 2
Termică		$\alpha_1\tau$	$\alpha_2\tau$
Elastică	Intindere	$\frac{\sigma}{E} = \frac{2F}{Eb\delta}$	$-\frac{2F}{Eb\delta}$
	Incovoiere	$\frac{e}{\rho} = \frac{\delta}{4\rho}$	$-\frac{\delta}{4\rho}$

Alungirile totale trebuind să fie egale, rezultă:

$$\alpha_1\tau + \frac{2F}{Eb\delta} + \frac{\delta}{4\rho} = \alpha_2\tau - \frac{2F}{Eb\delta} - \frac{\delta}{4\rho} \qquad (5)$$

Din (1), (2) şi (3) rezultă:

$$F = \frac{4M}{\delta} = \frac{4\,EJ}{\delta\rho} = \frac{Eb\delta^2}{24\rho}. \qquad (6)$$

Înlocuind (6) în (5) obţinem:

$$\frac{4}{Eb\delta} \cdot \frac{Eb\delta^2}{24\rho} + \frac{\delta}{2\rho} = (\alpha_2 - \alpha_1)\tau$$

sau

$$\boxed{\frac{1}{\rho} = \frac{3}{2} \cdot \frac{(\alpha_2 - \alpha_1)\tau}{\delta}} \qquad (7)$$

Săgeata va fi (fig. 2,d):

$$f = \rho(1 - \cos\varphi) = \rho\left[1 - \left(1 - \frac{\varphi^2}{2} + \ldots\right)\right] \cong$$

$$\cong \frac{\rho\varphi^2}{2} = \frac{\rho}{2}\left(\frac{l}{\rho}\right)^2 = \frac{l^2}{2\rho}. \qquad (8)$$

Înlocuind (7) în (8) se obţine:

$$\boxed{f = \frac{3}{4}\,\frac{(\alpha_2 - \alpha_1)\,\tau\,l^2}{\delta}}. \qquad (9)$$

3. Solicitările în material apar în urma forţei axiale (rel. 3,a):

$$F = \frac{Eb\delta^2}{24\rho}$$

şi a momentului de încovoiere (rel. 2 şi 6):

$$M = \frac{F\delta}{4} = \frac{Eb\delta^2}{96\rho}. \qquad (10)$$

Rezultă (fig. 3,*a*):

$$\sigma_t = \frac{F}{b\,\frac{\delta}{2}} = \frac{E\delta}{12\rho} = -\sigma_c \qquad (11)$$

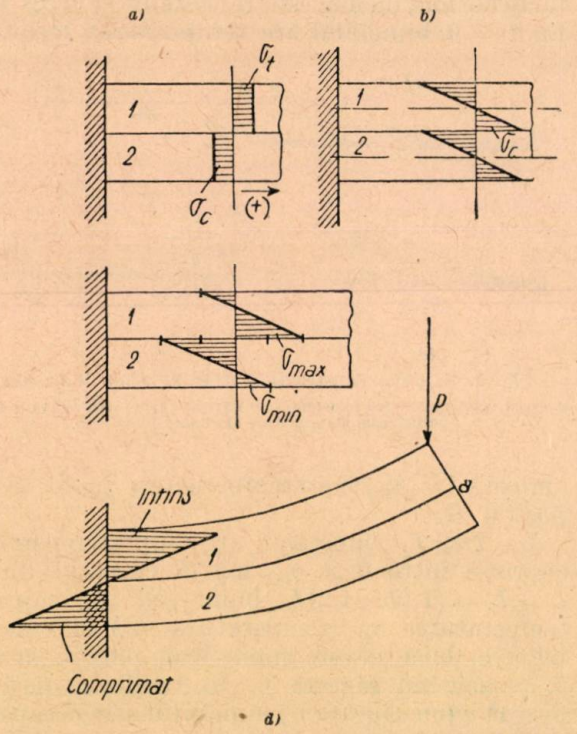


Fig. 3. Eforturi unitare ce solicită lama bimetalică

a—eforturi unitare datorite forţei axiale; *b*—eforturi unitare datorite momentului de încovoiere; *c*—eforturile unitare rezultante; *d*—încovoierea rezultantă

iar (fig. 3,*b*):

$$\sigma_i = \frac{M}{W} = \frac{Eb\delta^3}{96\rho} : \frac{b\left(\frac{\delta}{2}\right)^2}{6} = \frac{E\delta}{4\rho}. \qquad (12)$$

În axa bimetalului vom avea:

$$\pm \sigma'_{max} = \sigma_t + \sigma_i = \frac{E\delta}{3\rho} = \frac{E(\alpha_2 - \alpha_1)\tau}{2}. \quad (13)$$

iar în dreptul suprafețelor exterioare:

$$\pm \sigma'_{min} = \frac{Eb}{6\rho} = \frac{E(\alpha_2 - \alpha_1)\tau}{4} = \frac{\pm \sigma'_{max}}{2}. \quad (14)$$

Dacă $\sigma'_{max} = \sigma_{adm}$, rezultă din (13):

$$\tau'_{adm} = \frac{2\sigma_{adm}}{E(\alpha_2 - \alpha_1)}. \quad (15)$$

Din suprapunerea solicitărilor din fig. 3, *a* și 3, *b* rezultă solicitările rezultante din fig. 3, *c*.

4. Dacă bimetalul nu se poate îndoi liber (începînd din poziția *a*, fig. 1) el obține o săgeată negativă elastică, fiind încărcat din exterior cu o forță P (fig. 3,*d*).

Săgeata elastică este dată de relația:

$$f_e = \frac{Pl^3}{3EJ} \quad (16)$$

și este mai mică decît valoarea care rezultă din relația (9). Rezultă (ținînd seamă și de relația 9):

$$P = \frac{3EJf_e}{l^3} = \frac{3E}{l^3} \cdot \frac{b\delta^3}{12} \cdot \frac{3}{4} \frac{(\alpha_2 - \alpha_1)\tau' l^2}{\delta}.$$

$$\boxed{P = \frac{3}{16} \frac{Eb\delta^2}{l} (\alpha_2 - \alpha_1)(\tau - \tau_a),} \quad (17)$$

unde P reprezintă forța elastică corespunzătoare poziției de oprire *a* (săgeata reală f_a), $\tau' = \tau - \tau_a$ fiind supratemperatura în raport cu temperatura corespunzătoare poziției *a*.

Solicitarea la încovoiere va fi

$$\sigma'''_{max} = \frac{Pl}{W} = \frac{Pl}{\frac{b\delta^3}{6}} = \frac{9}{8} E(\alpha_2 - \alpha_1)\tau'. \quad (18)$$

Solicitarea rezultantă este maximă la suprafața bimetalului și are valoarea (rel. 14 și 18):

$$\sigma''_{max} = \sigma'''_{max} - \sigma'_{min} = \frac{9}{8} E(\alpha_2 - \alpha_1)\tau' - \frac{1}{4} E(\alpha_2 - \alpha_1)\tau =$$

$$= \frac{9}{8} E(\alpha_2 - \alpha_1)(\tau - \tau_a) - \frac{1}{4} E(\alpha_2 - \alpha_1)\tau =$$

$$= E(\alpha_2 - \alpha_1)\left(\frac{7}{8}\tau - \frac{9}{8}\tau_a\right). \quad (\tau > \tau_a). \quad (19)$$

Dacă $\tau_a = 0$ (și $f_a = 0$) se obține:

$$\sigma''_{max} = \frac{7}{8} E(\alpha_2 - \alpha_1)\tau > \sigma'_{max}. \quad (20)$$

Dacă $\tau_a = \frac{1}{3}\tau$, rezultă:

$$\sigma''_{max} = \frac{1}{2} E(\alpha_2 - \alpha_1)\tau = \sigma'_{max}. \quad (21)$$

Dacă $\tau_a < \frac{1}{3}\tau$, se obține

$$\frac{7}{8} E(\alpha_2 - \alpha_1)\tau > \sigma''_{max} > \sigma'_{max}. \quad (22)$$

Prin urmare, dacă brațul A împiedică deplasarea bimetalului după un drum mai mic decît 1/3 din săgeata liberă (poziția *a*) solicitarea la fibra extremă întrece pe cea de la axa bimetalului (fig. 4).

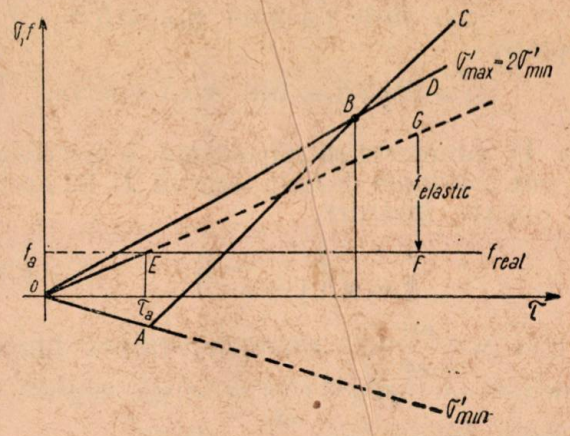


Fig. 4. Solicitările bimetalului.
OABC—solicitarea la fețele exterioare; *OAB*—solicitarea la fețele interioare; *OBC*—solicitarea maximă; *OEF*—săgeata reală; *OEG*—săgeata liberă (termică); *GF*—săgeata elastică.

Solicitarea maximă va fi cea mai mare dintre valorile:

$$\sigma'_{max} = \frac{E(\alpha_2 - \alpha_1)\tau}{2} \quad \text{(rel. 13)}$$

$$\sigma''_{max} = E(\alpha_2 - \alpha_1)\left(\frac{7}{8}\tau - \frac{9}{8}\tau_a\right), \quad \text{(rel. 20)}$$

și anume ea va fi egală cu σ'_{max} la $\tau < 3\tau_a$, respectiv σ''_{max} la $\tau > 3\tau_a$. Cu valoarea obținută pentru σ''_{max}, rezultă:

$$\tau''_{adm} = \frac{8}{7} \cdot \frac{\sigma_{adm}}{E(\alpha_2 - \alpha_1)}. \quad (23)$$

Curbura maximă admisibilă va avea expresia (rel. 7 și 15)

$$\left(\frac{1}{\rho}\right)_{max} = \frac{3}{2} \cdot \frac{(\alpha_2 - \alpha_1)}{8} \tau'_{adm} = \frac{3\sigma_{adm}}{E\delta}. \quad (24)$$

Săgeata maximă admisibilă va fi:

$$f_{max} = \frac{3}{4} \frac{(\alpha_2 - \alpha_1)\tau'_{adm} l^2}{\delta} = \frac{3\sigma_{adm} l^2}{2E\delta}, \quad (25)$$

iar forța maximă ce poate apare:

$$P''_{max} = \frac{3}{16} \frac{Eb\delta^2}{l} (\alpha_2 - \alpha_1) \tau''_{adm} = \frac{3}{14} \cdot \frac{b\delta^2 \sigma_{adm}}{l}. \quad (26)$$

Punînd $\sigma''_{adx} = \sigma_{adm}$, obținem din relația (20):

$$\tau''_{adm} = \frac{1}{7}\left(\frac{8\,\sigma_{adm}}{E\,(\alpha_2-\alpha_1)} + 9\,\tau_a\right). \qquad (27)$$

Din cele două valori pentru τ_{adm} (τ'_{adm} și τ''_{adm}) date de relația (15) și (27) se va considera ca temperatură admisibilă

τ'_{adm} dacă τ'_{adm} (sau τ''_{adm}) $< 3\,\tau_a$,

respectiv

τ''_{adm} dacă τ''_{adm} (sau τ'_{adm}) $> 3\,\tau_a$.

5. O caracteristică importantă a bimetalului este constanta de timp termică T. Ea apare în ecuația încălzirii

$$\tau = \tau_f\left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right) \qquad (28)$$

în care $\tau_f = \frac{rI^2}{\lambda S}$ este supratemperatura finală. Bimetalul acționează cînd se atinge supratemperatura limită $\tau_{fl} = \frac{rI_l^2}{\lambda S}$. Avem

$$\tau_{fl} = \tau_f\left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right). \qquad (29)$$

Rezultă

$$\frac{\tau_f}{\tau_{fl}} = \frac{I^2}{I_l^2} = \frac{1}{1-e^{-\frac{t}{T}}}. \qquad (30)$$

Introducînd notațiile:

$$I^* = \frac{I}{I_n}, \qquad I_l^* = \frac{I_l}{I_n}, \qquad t^* = \frac{t}{T} \qquad (31)$$

se obține:

$$t^* = \ln\frac{I^{*2}}{I^{*2} - I_l^{*2}}. \qquad (32)$$

Conform normelor, $I_l^* = 1{,}05$—$1{,}2$. Dacă $\frac{I^*}{I_l^*} \gg 1$, vom avea

$$t^* = \ln\left(1 + \frac{I_l^{*2}}{I^{*2} - I_l^{*2}}\right) \cong \frac{I_l^{*2}}{I^{*2} - I_l^{*2}} \cong \frac{I_l^{*2}}{I^{*2}}. \qquad (33)$$

Caracteristica bimetalului (rel. 32) este reprezentată în fig. 5 (pentru $I_l^* = 1{,}05$ și $I_l^* = 1{,}2$).

Dacă se reprezintă în ordonată $t = t^* T$ se obțin caracteristici diferite pentru diferite valori T_1, T_2 ale constantei de timp (fig. 6).

Normele cer ca la $I^* = 1{,}5$ să avem $t < 120$ s, iar la $I^* = 5$ să avem $t > 0{,}5$ s. Considerînd pentru primul caz $I_l^* = 1{,}2$ rezultă din (32):

$$\frac{120}{T_1} = \ln\frac{1{,}5^2}{1{,}5^2 - 1{,}2^2}; \quad T_1 = 560 \text{ s}.$$

Considerînd în al doilea caz $I_l^* = 1{,}05$, se obține

$$\frac{0{,}5}{T_2} = \ln\frac{5^2}{5^2 - 1{,}05^2}; \quad T_2 = 10{,}9 \text{ s}.$$

Așa dar pentru ca bimetalul să aibă o caracteristică corespunzătoare prescripțiilor, constanta sa de timp va trebui să fie cuprinsă între 10,9 și 560 s. Rezultă două limite pentru grosimea bimetalului. Într-adevăr:

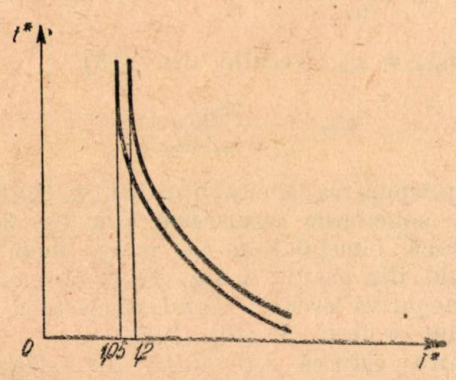


Fig. 5. Caracteristica bimetalului $t = f(I^*)$.

$$T = \frac{cv}{\lambda S} \cong \frac{cb\delta l}{\lambda 2bl} \cong \frac{c\delta}{2\lambda}; \delta = \frac{2\lambda T}{c} \qquad (34)$$

(c — căldura specifică, λ — coeficient de transmitere a căldurii prin suprafața bimetalului către mediul ambiant).

6. Variațiile temperaturii mediului ambiant ($\theta_{0max} - \theta_{0min} = \Delta\,\theta_0$) produc variații ale curentului limită. Aceste variații vor trebui

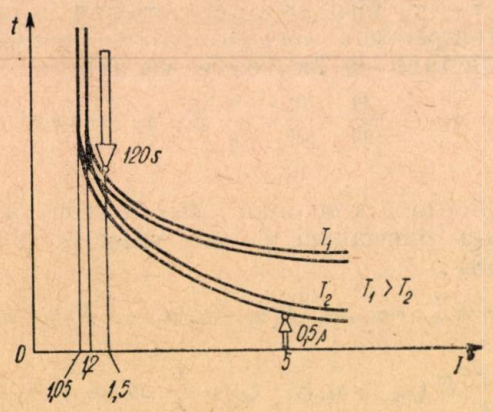


Fig. 6. Caracteristica bimetalului $t^* = f(I^*)$.

să fie cuprinse între $1{,}05\,I_n$ și $1{,}2\,I_n$. Fie τ_{fn} supratemperatura corespunzătoare curentului nominal I_n. Rezultă pentru temperatura finală limită:

$$\theta_{fl} = \theta_{0min} + 1{,}2^2.\ \tau_{fn} = \theta_{0max} + 1{,}05^2\ \tau_{fn} \qquad (35)$$

Prin urmare

$$\Delta\theta_0 = \theta_{0max} - \theta_{0min} = (1{,}2^2 - 1{,}05^2)\,\tau_{fn} = \frac{\tau_{fn}}{3};$$

$$\tau_{fn} = 3\ \Delta\theta_0. \qquad (36).$$

Numai dacă $\tau_{fn} \geqslant 3\,\Delta\theta_0$ se va putea respecta condiția ca $I_l = (1{,}05 \approx 1{,}2)\,I_n$ la variația temperaturii ambiante între θ_{0min} și θ_{0max}. În acest fel se alege τ_{fn}.

Vom avea (în cazul încălzirii nemijlocite a bimetalului prin efect Joule-Lenz):

$$I_n^2\, r = \lambda S\, \tau_{fn} \tag{37}$$

sau

$$I_n^2\, \rho \frac{l}{b\delta} \cong \lambda\, 2bl\, \tau_{fn},$$

de unde rezultă:

$$J_n = \frac{I_n}{b}\sqrt{\frac{2\lambda\, \tau_{fn}\delta}{\rho}}. \tag{38}$$

7. În regim de scurtcircuit, din momentul cînd s-a atins supratemperatura de acționare τ_{fl}, întreruptorul mai rămîne conectat un timp scurt Δt din cauza întîrzierii mecanismului de acționare. În acest timp nu trebuie să se depășească τ_{adm} (τ'_{adm} sau τ''_{adm}). Vom nota cu I_{term} curentul limită la care în Δt se atinge τ_{adm}. Acest curent caracterizează stabilitatea termică a bimetalului. Vom avea:

$$I_{term}^2 .\, r\, \Delta t = c.\, v\, (\tau_{adm} - \tau_{fl}). \tag{39}$$

Împărțind (38) cu (37) se obține:

$$I_{term}^2\, \Delta t = I_n^2\, T \frac{\tau_{adm} - \tau_{fl}}{\tau_{fn}}, \tag{40}$$

unde

$$T = \frac{cv}{\lambda S} \tag{41}$$

și

$$\tau_{fl} \cong 1{,}13^2\, \tau_{fn} = 1{,}28\, \tau_{fn} \tag{42}$$

Din (40) rezultă:

$$I^*_{term} = \frac{I_{term}}{I_n} = \sqrt{\frac{T}{\Delta t}\frac{\tau_{adm} - \tau_{fl}}{\tau_{fn}}}. \tag{43}$$

Dacă întreruperea scurtcircuitului este comandată de un alt releu, în relația (43) se va pune $\tau_{fl} = 0$.

8. Mersul calculului de dimensionare pe baza relațiilor stabilite, va fi prezentat pe baza unui exemplu numeric.

Datele problemei:

Stratul 1: Invar; Stratul 2: Metal Monel

$\alpha_1 \cong 2.10^{-6}\ °C^{-1}; \alpha_2 = 14.10^{-6}\ °C^{-1}$

$E_1 = 1\,505\,000\ kg/cm^2; E_2 = 1\,750\,000\ kg/cm^2$

Valori comune (medii): $E = \frac{E_1 + E_2}{2} = 1\,625\,000\ kg/cm^2$, $\sigma_{adm} = 2\,000\ kg/cm^2$, $\rho = 0{,}55\,\Omega\ mm^2/m$, $c = 4{,}62\ Ws/cm^3\ °C$, $\lambda = 14\ W/m^2\ °C$. Se mai cunoaște: $\theta_{0min} = 5°C$, $\theta_{0max} = 35\ °C$, $I_n = 10\ A$, $\Delta t = 0{,}1\ s$, $I_{term} = 300\ A$, $P = 0{,}02\ kg$.

Motorul protejat are pornire ușoară.

Mersul calculelor

Relația (36) dă:

$$\tau_{fn} = 3\ \Delta\ \theta_0 = 3(35—5) = 90°C,$$

iar relația (42):

$$\tau_{fl} = 1{,}28\ \tau_{fn} = 1{,}28.90 = 115°C$$

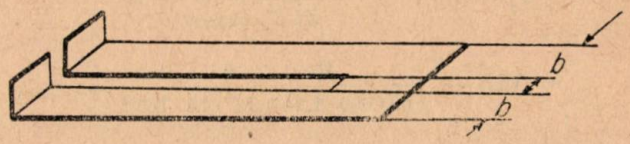


Fig. 7. Bimetal în forma de O.

Cum prin enunț nu s-a impus valoarea lui f_a, vom considera pentru ca τ_{adm} să fie cît mai mare $f_a \geqslant \frac{f_b}{3}$.

Rezultă din relația (15):

$$\tau'_{adm} = \frac{2.2\,000}{1\,625\,000 \cdot 12 \cdot 10^{-6}} = 205°C.$$

Valoarea lui I_{term}, respectiv I^*_{term} fiind dată prin enunț, relația (43) ne va da pe T:

$$T = \Delta t.\, I^{*2}_{term} \frac{\tau_{fn}}{\tau'_{adm} - \tau_{fl}} = 0{,}1.30^2 \cdot \frac{90}{205 - 115} = 90\ s.$$

Această valoare a lui T este o valoare minimă impusă de condițiile stabilității termice.

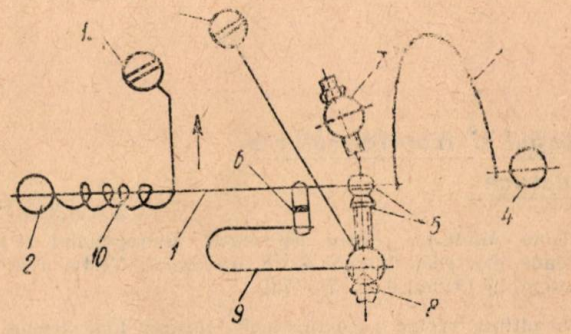


Fig. 8. Mecanism bimetalic

1—bimetal; *2,4*—suport; *3*—arc aruncător; *5*—contacte principale din argint; *6*—contacte de rupere din wolfram; *7*-opritor; *8*-șurub de reglare; *9*—arc pentru susținerea contactului de wolfram; *10*—înfășurare de încălzire; *11,12*—borne.

Nu vom lua însă o valoare mai mare, deoarece aceasta ar duce la mărirea grosimii bimetalului. Din relația (34) se obține:

$$\delta = \frac{2\lambda T}{c} = \frac{2 \cdot 90 \cdot 14}{4{,}62 \cdot 10^6} = 0{,}55.10^{-3} \rightarrow 0{,}6\ mm.$$

Lățimea bimetalului se obține din relația (38):

$$\frac{I_n}{b} = \sqrt{\frac{2 \cdot 14.90.0{,}6 \cdot 10^{-3}}{0{,}55 \cdot 10^{-6}}} =$$

$$= 1\,660\ A/m;\ b = \frac{10}{1{,}66} = 6\ mm$$

Această lățime se dublează dacă bimetalul are forma de U (fig. 7).

Rezultă $b' = 2b = 12$ mm.

Admitem lungimea bimetalului de $l = 6$cm. Din relația (17) rezultă:

$$\tau_a = \tau_{fl} - \frac{16}{3} \cdot \frac{Pl}{Eb'\delta^2 (\alpha_2 - \alpha_1)} =$$

$$= 115 - \frac{16 \cdot 0{,}02 \cdot 6}{1\,625\,000 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}06^2 \cdot 12 \cdot 10^{-6}} =$$

$$= 115 - 23 = 92°C > \frac{115}{3}.$$

Relația (9) ne dă:

$$f_a = \frac{3}{4} \frac{12 \cdot 10^{-6}\ 92 \cdot 60^2}{0{,}6} = 5 \text{ mm}.$$

În felul acesta se cunosc datele principale ale elementului bimetalic.

9. Bimetalul examinat (fig. 1) prezintă inconvenientul că deschiderea contactelor nu se face brusc și de aceea contactele se uzează relativ repede sub acțiunea arcului electric.

Din această cauză s-au construit diferite feluri de mecanisme bimetalice care asigură acționarea rapidă a contactelor. Un asemenea mecanism este prezentat în fig. 8 și este studiat detaliat de Vorobiev și Cațnelson [1].

Bimetalul este apăsat de componenta P a forței F a resortului R (fig. 9) de contactul fix de argint (și de cel din wolfram).

Dacă bimetalul se încălzește la τ_{fl}, forța în sensul săgeții s învinge forța P și bimetalul

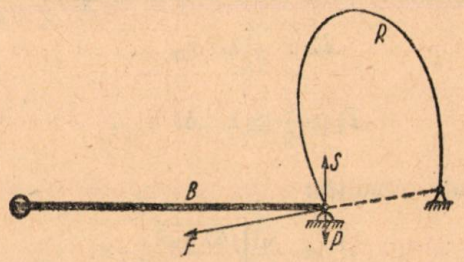


Fig. 9. Detaliu din mecanismul bimetalic.

„sare" în poziția opusă, fiind împins, la a doua parte a cursei și de resortul R. Contactele de wolfram se deschid după cele de argint și se închid (la răcirea bimetalului) înaintea acestora.

Relațiile indicate cu ocazia studiului general al benzii bimetalice se pot aplica și la calculul bimetalului cu arc aruncător.

Bibliografie

[1] *Vorobiev* și *Cațnelson*: Termobimetalul și aplicațiile lui în construcțiile de aparate și automatizare, Ed. Energetică de Stat. București, 1953.

REFERATE

Mașini și transformatoare electrice

CZ 621.313—712

Scheme moderne pentru acționarea hidrogenului la mașinile electrice. [După: *A. E. Aschinazi*, Vestn. Elektroprom. 27 (1956) 9, p. 75—78].

În ultima vreme s-a extins mult folosirea hidrogenului ca mediu de răcire la compensatoarele sincrone și turbogeneratoare. În articol se trec în revistă schemele și aparatura completă folosite de unele firme: A.C.E.C., Belgia; Ercole Marelli, Italia; General Electric etc. Se face un studiu economic comparativ pentru metodele de răcire cu aer și cu hidrogen. Se dau schemele și aparatura necesară controlului purității hidrogenului prin metoda măsurării densității, folosite de firmele A.C.E.C. și Ercole Marelli.

Separat se face comparația schemelor de mai sus cu scheme folosite anterior remarcîndu-se simplificarea și eficacitatea metodelor noi.

B. A.

CZ 621.314.222.002

Progrese în construcția transformatoarelor de forță. [După: *S. Bennon, Gd R. Monroe*, R. Westinghouse Engineer. 16 (1956) 6 pag. 178—182.]

Articolul trece în revistă diversele elemente noi în construcția transformatoarelor de forță, care au permis creșterea considerabilă din ultimii ani a puterii și tensiunilor utilizate. În linii mari această evoluție se datorește unor progrese simultane în domeniul materialelor, a tehnologiei și a proiectării. Se construiesc curent două tipuri de transformatoare, în manta la puteri peste 15 MVA și tensiuni peste 138 kV și cu coloane la puteri și tensiuni mai mici. S-au construit transformatoare în manta trifazate de 315 MVA și sînt în curs de construcție unități de 380 MVA. Autotransformatoarele a căror utilizare fie ca legătură între sisteme energetice de tensiuni diferite, fie pentru a acoperi mici diferențe de tensiuni în unele porțiuni ale rețelelor existente se extinde mereu, au ajuns la puteri unitare de 400 MVA, 330 kV. Construcția în manta corespunde condițiunilor impuse transformatoarelor călătoare, a căror putere, în unități monofazate a ajuns la 83,333 MVA iar în unitățile trifazate la 50 MVA. Perfecționarea descărcătoarelor a permis reducerea nivelului de izolație la transformatoare.

La transformatoarele cu coloane s-au adoptat înfășurări cu curbe de distribuție uniformă a tensiunii de impuls. Astfel la transformatoarele pînă la 750 kVA se execută o înfășurare cu o capacitate redusă față de pămînt, în timp ce la transformatoarele mai mari înfășurarea realizează o capacitate serie mare. Încercarea la impuls este încercare de control. Pentru a proteja uleiul de pătrunderea umezelii, după numeroase încercări s-a ajuns la concluzia că soluția optimă este excluderea oxigenului, prin sudarea cuvei. *I.C.*

CZ 621.313.027.3 :621.317.333

Despre rezistența electrică între spire a izolației mașinilor electrice de înaltă tensiune. [După: *N. A. Kozariev, E. L. Litvinova*, Electricestvo, 76 (1956) 8, p. 68—71].

Una din principalele cauze ale defectării izolației între spire ale mașinilor electrice, constă în lipsa metodelor efective de control ale acestei izolații.

La o serie de fabrici de mașini electrice din U R S S. s-a făcut încercarea rezistenței electrice a izolației între spire la tensiune alternativă și de impuls după tăierea bobinelor în cîteva locuri și anume : porțiunile din crestătură, porțiunile f ontale și coturi. Acest fapt a permis cercetarea particularităților fiecărui element de izolație. Pentru evitarea producerii străpungerii în porțiunile dezgolite ale izolației s-a turnat parafină. Majoritatea străpungerilor s-au produs în porțiunile cu izolația întreagă. Rezistența izolației la impuls s-a cercetat cu ajutorul unui generator de impuls de 70 kV cu capacitatea de șoc 0,3μF. Amplitudinea tensiunii de impuls s-a ales astfel încît străpungerea să aibe loc pe frontul undei. Undele întrebuințate pentru încercări au avut lungimea frontului cuprinsă între 0,12—1,5μs, deoarece în acest interval este cea mai probabilă producerea străpungerii între spire.

Cercetările efectuate au condus la următoarele rezultate :

Pentru izolațiile noi pe bază de materiale plastice sintetice s-au obținut rezistențe electrice foarte mari între spire ; acestea depășesc de sute de ori tensiunile normale dintre spire la funcționare normală.

În cursul exploatării, rezistența electrică și mecanică a izolației dintre spire se reduce în mică măsură chiar după o durată lungă de exploatare.

Rezistența electrică la impuls a izolației dintre spire crește cu mărirea pantei frontului undei.

La încercările izolației cu o serie de cîteva mii de impulsuri, tensiunea de încercare trebuie aleasă egală cu circa 50 % din amplitudinea tensiunii medii de străpungere.

S.S.

CZ 621.316.718.077.2 :621.313.362

Motoare trifazate în derivație pentru reglarea turației. [După ; *Trabl, J.*, Elektrotechnik Wurzburg, 38 (1956) 17/18, p. 148—150]

Cea mai simplă acționare trifazată, motorul asincron, are un mare dezavantaj : turația sa nu poate fi reglată fin fără pierderi mari. De aceea încă de mult a fost construit motorul trifazat cu comutator. Pentru acționări industriale s-a adoptat motorul trifazat în derivație cu alimentare rotorică, și reglaj al turației prin deplasarea periilor, care permite un domeniu de reglaj 1 : 3 și poate fi construit pentru puteri pînă la 250 kW.

Reglajul continuu și fără pierderi al turației este făcut numai prin deplasarea reciprocă a periilor. În general, motorul este pornit fără rezistențe speciale de pornire în poziția periilor pentru turația minimă prin pornire brută. De cele mai multe ori deplasarea peri lor este făcută printr-un motor de deplasare, care poate fi comandat de la distanță.

Motorul trifazat în derivație cu turația reglabilă și alimentare rotorică este în principiu un motor de inducție polifazat cu inele colectoare, la care în opoziție cu ex cuția normală înfășurarea rotorică este legată la rețea p in inele colectoare. Înfășurarea statorică devine astfel înfășurare secundară. Problema fundamentală a reglajului turației constă în a apli a înfășurării secundare o anumită tensiune exterioară, pentru a imprima rotorului o anumită alunecare . Această tensiune de comandă trebuie să fie reglabilă, să aibă aceeași frecvență ca tensiunea secundară a motorului la turația dorită și să fie reglabilă față de faza tensiunii secundare. La motorul în deviație cu alimentare rotorică o asemenea tensiune stă la dispoziție la periile cu mișcare inversă.

Prin mișcarea contrară a periilor se poate varia mărimea tensiunii, deoarece se adună geometric mai multe sau mai puține tensiuni de pe lamele. Comutatorul cu perii cu mișcare opusă este chiar un convertizor de frecvență. La periile unui inversor se obține totdeauna frecvența ce corespunde frecvenței cîmpului învîrtitor în spațiu. La motoarele cu comutator cu alimentare statorică periile au frecvența rețelei, la cele cu alimentare rotorică frecvența de alunecare. La lamelele comutatorului există totdeauna cealaltă frecvență decît la perii.

Întrucît motorul trifazat în derivație cu alimentare rotorică lucrează atît în subsincronism cît și în suprasincronism, el este motorul ideal, reglabil pentru curent trifazat.

A.S.

CZ 621.313.333 :621.311.718.5.077.7

Controlul vitezei motoarelor de inducție prin bobine saturate [După : *Alger P. L.* și *Ku, I.H.*, Electr. Engng. 76(1957) 2, p. 136—140]

Se prezintă o metodă nouă pentru controlul și reglajul vitezei motoarelor de inducție, utilizînd bobine saturate. Performanțele obținute sînt comparabile cu cele ale unei scheme Ward Leonard. Instalația însă este mult mai simplă și manevrarea foarte comodă.

Valoarea curentului continuu pentru comandă este de 1-2 % din valoarea curentului nominal al motorului ; iar alimentarea în curent continuu se face prin amplistat. Se realizează orice turație pentru cuplul cuprins între + 100 % și —100 % (în regim de motor sau de frînă). Metoda prezentată se pretează în mod deosebit pentru utilizare la poduri rulante și macarale. În cazul unei variații mici ale vitezei și la cuplu mic la turație mică se pot folosi motoare cu rotor în colivie de veveriță, bobinele saturate fiind conectate în serie cu circuitul primar. Pentru variații mari ale vitezei și pentru cuplu mare la turație mică se recomandă utilizarea motorului cu rotor bobinat, bobinele saturate fiind conectate în circuitul secundar, în serie sau în paralel cu niște rezistențe.

Se prezintă performanțele realizate cu un motor cu rotor bobinat de 25 CP, cu 4 poli.

Se semnalează și dezavantajele metodei : densitate de curent variabilă, creșteri de temperatură și, mai ales, puterea consumată în bobinele saturate.

I. C.

621.314.2.015.33

Determinarea solicitărilor la impuls în înfășurările transformatoarelor prin mașini calculatoare. [După : *U. H. M. Whirter, C. D. Fahrnkopf, I. H. Steele*, Amer. Inst. elctr. Engrs. III. Power App. Syst. 28. p. 1267—1276]

După un scurt istoric al aplicării mașinilor de calcul la determinarea solicitărilor la impuls se precizează condițiile simplificatoare valabile pentru noua metodă de calcul a comportării transformatorului la unde de impuls. Se definește un circuit echivalent care reproduce comportarea exact dar cu parametri concentrați. Problema se rezolvă întrebuințînd mașini calculatoare numerice pentru stabilirea coeficienților ecuațiilor integro-diferențiale simultane din datele și dimensiunile proiectului, ecuații care se rezolvă apoi cu ajutorul unei mașini de calcul analogice. Ecuațiile reprezintă teoremele lui Kirchhoft în diferitele noduri ale schemei echivalente și se scriu, în mod rațional, sub formă matricială simplă :

$$[C_N]\ \{pv_N\} + [\Gamma_N]\ \{v_N/p\} = \{0\}$$

în care, Γ_N sînt inversele inductanțelor, iar v, tensiunile în nodurile N.

Calculatorul numeric utilizat de construcție recentă are o memorie considerabilă, cere un program strict care se înregistrează pe cartele găurite. Calculatorul analog electronic are amplificatoare puternice și elemente pasive integratoare și sumatoare. Se arată modul de pregătire a problemelor de calcul pentru a fi introduse la mașini. Cu toate că mașina numerică se află la o distanță de 70 mile de biroul de proiectare, răspunsul la problema complet formulată putea să sosească a doua zi, astfel că proiectantul putea să modifice construcția spre a obține o comportare mai favorabilă. După cîteva încercări se obține dispoziția opt mă în condițiile date. Pe un transformator tip manta s-au făcut înregistrări oscilografice, care concordă suficient de bine cu rezultatele calculate de mașini.

Ca o posibilitate viitoare de dezvoltare se indică automatizarea verificării dispoziției în funcție de uniformitatea repartizării tensiunii de impuls de-a lungul înfășurării. Astfel mașinile de calcul vor putea prelua și această sarcină a proiectantului, ele continuînd a calcula dispozitive îmbunătățite pînă cînd un anumit grad de uniformitate și, deci, rezistența la unde de impuls, este atins.

În concluzie, metoda nouă se bazează pe presupuneri raționale și simple, permite în mod economic stabilirea dispoziției optime a înfășurărilor și este posibilă de extinderi remarcabile.

A. A.

Materiale electrotehnice

CZ 621.315.336.9

Siliconi pentru izolarea înfăşurărilor şi a conductoarelor. [După: *Anders H.*, R. Elektrotechnik Würzburg, 38 (1956) 22 (mai), p. 209].

Siliconii nu se găsesc în natură, ci pot fi produşi numai sintetic. Aceşti izolanţi sînt combinaţii între SiO şi grupe CH_3 şi pot fi lichide, semisolide, elastice sau răşinoase. Rezistă bine la temperaturi ridicate şi au proprietăţi electrice bune care variază puţin cu temperatura. Lacurile şi răşinile siliconice suportă în timp 180°C şi trecător chiar 250°C. Ele rezistă la umezeală. Ca materiale de umplutură se utilizează firele de sticlă, mica, azbest, nylon. La temperaturi mai mici pot fi folosite răşini organice obişnuite cu fire de sticlă. Electromotoarele cu bobinajele din conductoare cu siliconi vor fi neapărat impregnate în vid. S-au făcut şi combinaţii între răşini organice şi siliconice. Aceste combinaţii nu pot fi obţinute prin simplu amestec, ci răşina siliconică trebuie formată în lacul organic. Se produce gumă siliconică şi cauciuc siliconic, care sînt elastice şi au proprietăţi electrice şi termice foarte bune.

A. S.

CZ 621.315.2 :621.315.616.9

Folosirea izolanţilor termoplastici la fabricarea cablurilor electrice de medie tensiune şi a aparatajului corespunzător [După: *Ch. A. Flamand*, Bull. Soc. franç. Électr. VII, seria 7(1957) 73, p. 40—51].

În cadrul grupei de izolanţi termoplastici se analizează caracteristicile electrice ale polietilenului şi clorurii de polivinil. Datorită acestor elemente, respectiv rigiditatea dielectrică ridicată, pînă la 40 kV/mm, rezistivitatea specifică mare, $100^{17}\Omega$ cm şi pierderile dielectrice mici 4.10^{-4}, polietilenul şi-a găsit folosinţa în domeniul cablurilor de foarte mari frecvenţe şi în special al celor coaxiale. Policlorurile de vinil, datorită durităţii lor necesită adăugarea unor plastifianţi în proporţie de 30—40% însă au în schimb o serie de avantaje faţă de polietilen, printre care se citează: incombustibilitatea totală, punctul de topire mai ridicat în materialul mai omogen.

Încercările electrice tip în curent alternativ au arătat că gradientul de potenţial maxim la cablurile de polietilen este de 47 kV/mm (pentru tensiunea de lucru de 15 kV). Încercările la unda de impuls efectuate asupra unor eşantioane din policlorură de vinil au permis determinarea tensiunii de străpungere, respectiv 250 kV/mm pentru cablul cu secţiune de 120 mm². Se arată importanţa determinării tensiunii de unizare, realizabilă în două feluri:

— prin ridicarea directă a curbei $tg\delta = f(U)$;

— prin apariţia descărcărilor de înaltă frecvenţă pe ecranul unui oscilograf catodic.

A. B.

CZ 621.315.332.6

Conductoare, subţiri cu strat izolant din sticlă. [După: *B. A. Rojerinicov*, Vestn. Electroprom, 27 (1956) 8 58—59]

Necesitatea folosirii unor conductoare subţiri din manganin cu diametre între 4—10μ în construcţii de aparate electrice de măsurat cu gabarite mici a cerut realizarea izolaţiei conductoarelor cu straturi izolante subţiri şi în acelaşi timp cu o rigiditate dielectrică suficientă. Pentru aceasta s-a folosit o izolaţie sticloasă cu grosimi între 2,5 — 4μ.

La temperaturi normale rezistenţa izolaţiei unui conductor pe o lungime de 1 m nu este mai mică de $1.10^{10}\Omega$. şi nu variază simţitor după cufundarea conductorului în apă sau după fierberea timp de 30 minute într-o soluţie de acid sulfuric. La temperaturi depăşind 200°C rezistenţa izolaţiei scade, însă pînă la 500°C se menţine totuşi în limite admisibile.

Tensiunea de străpungere a stratului izolant nu este mai mică de 1000 V în curent alternativ şi 1500 V în curent continuu.

S-a determinat densitatea de curent corespunzătoare arderii conductorului, prin experimentare asupra unui segment pe o lungime de 100 mm, în poziţie orizontală în aer liber. Arderea s-a produs la o densitate de curent de 1000 A/mm².

A.B.

CZ 697.71 :621.315.336.7

Conductoare de încălzire cu izolaţia din neopren. [După: *Tschanter E.* R. Elektrotechnik Würzburg, 38(1956) 20, p. 189].

Neoprenul nu este un material termoplastic, el îmbătrîneşte puţin, rezistă la montaj şi faţă de alcaliile din beton. Este deci potrivit ca izolant pentru conductoare de încălzire, folosite pentru încălzirea serelor, clocitoarelor, etc. Au fost utilizate şi pentru încălzirea încăperilor, putînd suporta în funcţionare temperaturi pînă la 76°C.

Sînt descrise două instalaţii, una pentru încălzirea trotuarului unui bazin de natatie, alta pentru încălzirea unei conducte de apă.

În încheiere sînt enumerate diferite alte utilizări posibile ale acestui sistem.

A. S.

CZ 538.221

Ferite [După: *V. I. Evseev*, Electricestvo, 76(1956) 9, p. 23—31.]

Feritele se deosebesc de toate materialele magnetice cunoscute anterior, prin faptul că nu sînt metale ci fac parte din grupa materialelor ceramice, avînd o rezistenţă electrică foarte mare. În acelaşi timp s-au impus în toate domeniile electrotehnicii şi radiotehnicii, datorită înaltei permeabilităţi magnetice pe care o posedă. Acest nou material se perfecţionează continuu, înlocuind în multe cazuri materiale magnetice consacrate şi deschizîndu-şi noi orizonturi de utilizare, cu desăvîrşire imposibil de realizat cu vechile materiale.

Natura feromagnetismului feritelor, diferă în oarecare măsură de a feromagnetilor metalici. După concepţiile moderne ale fizicii materialele feromagnetice sînt constituite din mici domenii cu dimensiuni liniare de ordinul 0,1 microni. La metale în fiecare domeniu elementar, momentele magnetice ale ionilor au aceeaşi orientare, paralelă cu o anumită direcţie, care depinde de structura reţelei cristaline. Domeniile elementare ale feritelor au două grupe de ioni cu momente magnetice antiparalele; diferenţa acestor momente magnetice determină momentul magnetic al întregului domeniu şi deci gradul de magnetizare al materialului în general.

Din cauza inducţiei joase de saturaţie, feritele nu se utilizează cu succes în cîmpuri puternice; de aceea domeniul cel mai important de aplicare al feritelor este tehnica comunicaţiilor. Cu toată rezistenţa specifică mare şi lipsa efectului pelicular feritele îşi reduc permeabilitatea magnetică, cu frecvenţa atingînd la cîteva sute de Mc/s valori apropiate de unitate. Frecvenţa limită depinde de forma piesei şi anume pentru forme deschise este mai mare decît pentru cele închise.

În articol se arată principalele proprietăţi magnetice şi electrice, utilizările şi procedeele tehnologice de fabricaţie. Dezvoltarea acestui material se află în stadiul în care nu se cunosc încă toate posibilităţile şi nu s-au stabilit încă proprietăţile magnetice optime, teoretice şi practice.

S. S.

Măsurări electrice şi instrumente electrice de măsură

CZ 621.317.32.089.6

Căderea de tensiune catodică normală ca tensiune de referinţă foarte constantă [După: *Schniter H.*, Elektrotechnik Würzburg, 38(1956) 16, p. 141—142].

Tensiunile de referinţă foarte precise, ca de exemplu cele pentru alimentarea compensatoarelor din laboratoarele electrice, erau pînă nu de mult produse cu ajutorul elementului normal Weston. De curînd se foloseşte în acelaşi scop căderea de tensiune catodică normală produsă într-un tub cu gaz şi definită ca tensiunea între catoda unei descărcări luminoase, care acoperă doar parţial catoda, şi începutul zonei luminoase, intense. Se arată că această cădere de tensiune catodică normală este o constantă, care depinde numai de combinaţia de materiale pentru materialul catodei şi pentru umplutura de gaz a tubului.

Tuburile generatoare de tensiune construite în acest scop permit menținerea tensiunilor alternative cu suficientă constanță. În tot timpul vieții tubului se poate menține tensiunea la $\pm 1^0/_{00}$, iar într-o funcționare de 8 ore la $\pm 0{,}1^0/_{00}$. Nu este exclus ca mărind puritatea materialelor să se poată mări constanța.

Nu mai există deci ca singură sursă tensiunea foarte mică a elementului Weston.

A. S.

CZ 621.317.78

Indicatorul diferențial. [După: *Schmid R.* și *Goryczka*, Elektrotechnik Würzburg, 38 (1956) 17/18, p. 152—153].

La supravegherea proceselor industriale continue este necesară cunoașterea valorii medii a unei mărimi într-un anumit timp. Această operație este efectuată de indicatorul diferențial, derivat din contorul electric de energie.

Indicatorul diferențial compară incontinuu energia electrică consumată în instalație cu o valoare efectivă care ar corespunde stării la o anumită putere constantă. Plusul sau minusul față de valoarea efectivă este arătat de un ac indicator mare pe o scară, deviația acului fiind proporțională cu mărimea diferenței. Cînd valoarea efectivă este depășită, acul se deplasează la dreapta. Cu cît depășirea este mai mare și cu cît ea durează mai mult. cu atît este mai mare deviația. Viteza acului este o măsură pentru diferența instantanee. Dacă valoarea scade sub valoarea efectivă acul se mișcă în sens invers. Dacă media valorii reale este de la începutul măsurării egală cu valoarea efectivă menținută riguros constantă, acul stă în mijlocul scalei la zero. Pentru reglaj este important ca la sfîrșitul perioadei de măsurare acul indicator să revină în poziția inițială, prin aceasta asigurîndu-se că media valorii efective prescrise a fost riguros menținută în timpul perioadei de măsurare.

Se descrie construcția aparatului, dîndu-se detalii și scheme cinematice și electrice.

A. S

CZ 621.314.224.3.088

Cifra de supracurent la transformatoarele de curent și posibilitatea de măsură. [După: *Emmerling A.*, Elektrotechnik Würzburg, 38 (1956) 23, p. 219—221].

Transformatoarele de măsură sînt montate în circuitele principale ale centralelor și stațiilor (primarul), pe secundarul lor fiind montate instrumentele de măsură. În timp ce la transformatoarele de forță rezistența consumatorilor conectați este relativ mare și scade numai la un scurtcircuit, rezistența instrumentelor conectate la un transformator de intensitate este relativ mică, așa încît transformatorul poate funcționa practic în scurtcircuit de durată.

După ce se expune diagrama vectorială a transformatorului de curent, sînt expuse caracteristicile transformatorului:

a — raportul de transformare real $K \quad I_1 = I_2 \cdot K$;

b — sarcina nominală Z: impedanța aparentă a aparatelor conectate, inclusiv a conexiunilor la care limita erorilor respectivei clase la curentul nominal nu poate fi depășită. Ea este dată de puterea nominală a transformatorului, în VA și dedusă din relația $N = I_2^2 Z$. Dacă nu se specifică altceva, se va considera ca factor de putere al sarcinii $\cos\varphi = 0{,}8$ (inductiv).

Pentru a caracteriza comportarea transformatorului în regiunea saturației s-a introdus noțiunea „cifra de supracurent" *n*. Cifra de supracurent este acel multiplu al curentului primar nominal la care eroarea de curent la sarcină este $\varepsilon_{i_n} = -0{,}1$ adică curentul secundar este cu 10% mai mic decît valoarea teoretică.

Se descrie, în continuare, o metodă pentru măsurarea cifrei de supracurent.

A. S.

CZ.621.383

Noi aparate fotoelectrice. [După: *Neuntwing K.*, Elektrotechnik Würzburg 39 (1956) 25, p. 240].

Cea mai importantă celulă fotoelectrică a fost totdeauna cea cu seleniu. Puterea debitată de un fotoelement cu seleniu este proporțională cu suprafața iluminată. Azi sînt construite fotoelemente cu seleniu sensibile în ultraviolet sau infraroșu Unele asemenea elemente debitează pînă la 1,2 mA/lm.

În cazul radiației solare directe fotoelementele debitează pînă la 1 5 mA/cm², iar fotoelementele cu siliciu, construite recent în S. U. A. ca baterii solare, dau în același caz 12 mW/cm². Pentru obținerea unor anumite debite se leagă mai multe fotoelemente în serie.

Maximul de sensibilitate la lungimi mari de undă îl prezintă azi fotocelulele cu sulfură de plumb (la 2 5 μ). Cercetările au arătat însă că la antimoniura de indiu maximul sensibilității se află la lungimi mai mari de undă (peste 6μ) sensibilitatea la lungimi mici de undă nedescrescînd prea mult.

Au fost construite și fototransistoare cu germaniu. care posedă o remarcabilă sensibilitate absolută. Nu există liniaritate între iluminare și curentul debitat, deci fototransistorul nu poate fi folosit decît pentru comenzi lumină-întuneric.

Pentru televiziunea industrială s-a construit rezistronul ale cărui ultime două modele sînt sensibile unul în ultraviolet, celălalt în infraroșu. Primul tip poate fi folosit împreună cu un ultramicroscop, al doilea pentru observarea obiectelor calde îndepărtate și pentru transmiterea lor la mai mulți observatori.

În încheiere se arată că toată dezvoltarea tehnicii fotoelectrice se bazează în întregime pe evoluția semiconductoarelor.

A. S

CZ 621.332.21.017.71

Măsurarea solicitării termice la cabluri cu sarcină foarte variabilă de curent continuu. [După: *Pichlmaier, M.*, Elektrotechnik Würzburg 38(1956) 19. p. 179].

Pînă nu de mult nu exista o metodă simplă pentru măsurarea încărcărilor de curent continuu cu variații mari suportate de cablurile ce alimentează tracțiunea electrică. S-a utilizat ampermetrul înregistrator cu bobină mobilă pentru valori instantanee, cu consum propriu mic. Din diagramă trebuie determinat curentul mediu care dă însă numai o indicație aproximativă. Perfecționările aduse constau în:

1) construirea unui model termic al cablului ;

2) intercalarea unui instrument de măsură termic cu o constantă de timp adaptată celei a cablului montat în derivație față de șuntul de măsură din circuitul principal; rezultă însă în acest caz un consum propriu prea mare al instrumentului de măsură;

3) mărirea șuntului de măsură așa ca să fie acoperit consumul propriu al instrumentului de măsură ; se produce însă o pierdere în circuitul principal.

Se descrie o metodă adaptată la exploatarea tramvaielor din München pentru măsurarea curenților pînă la 1 500 A, precum și schema adoptată.

Instrumentul termic integrează toate variațiile în timp ale curentului după relația:

$$I_{ef}^2 = \int \frac{I_1^2 t_1 + I_2^2 t_2 + I_3^2 t_3 + \ldots}{t}$$

în care I_1, ..., sînt curenții în intervalele de timp t_1. ...

Sînt descrise completări și modificări posibile ale instalației.

A. S.

Aparate electrice

CZ 621.316.3/.9027.2

Alegerea și utilizarea aparatajului modern de joasă tensiune [După: *Hoormann, Fr.*, Elektrotechnik Würzburg, 38(1956) 11/12, p. 99-102].

Evoluția modernă către telecomandă și automatizare nu poate fi imaginată fără aparataj robust pentru acționările electrice alimentate cel mai adesea în joasă tensiune. Cu cît mai larg devine însă domeniul, cu atît mai felurite sînt condițiile pe care aparatajul considerat trebuie să le îndeplinească. De aceea sistemele cunoscute pînă în prezent nu pot face față problemelor apărute. În prescripțiile VDE 0660/ 12.52 pentru aparataj de joasă tensiune sînt determinate

noţiuni şi condiţii bine precizate. Progresul în construcţia aparatajului duce în acelaşi timp la forme fundamentale simplificate, care din cîteva detalii permit crearea multor variante prin diferite artificii de montaj. În felul acesta pot fi rezolvate probleme speciale asupra aparatajelor cu program şi cazuri dificile în scheme.

Sînt expuse condiţiile, tipurile de aparataj luate în consideraţie şi problemele de montaj.

A. S.

CZ 621.318.57

Releu cu descărcări în gaze sau releu cu tub cu gaz cu catodă incandescentă. [După: *Neuntwig K.*, Elektrotechnik Würzburg, 38 (1956) 10, p. 178—179].

Cu toate că tuburile cu descărcări cu catodă incandescentă sînt cunoscute de multă vreme, criteriile pentru folosirea lor nu au fost clar definite. La curenti mari de ieşire, de amperi, vor fi utilizate tuburi cu catodă incandescentă, deoarece cele cu catodă rece nu rezistă.

Tensiunea de ardere (tensiunea arcului) este la tiratroane de 30 V, iar la tuburile cu catodă rece ceva peste 100 V. Tuburile cu catodă incandescentă pentru curenţi mici au tensiunea arcului de circa 10 — 20 V.

Un alt criteriu de alegere este tensiunea necesară aprinderii a arcuui. La tiratroane tensiunea de aprindere este de obicei 10 V, această tensiune fiind negativă faţă de catodă. La tuburile cu catodă rece tensiunea de aprindere este între 100 — 150 V. Trebuie să se dispună şi de o tensiune de comandă şi de un curent de comandă. La tiratroane sînt necesari curenţi de comandă relativ mai mari decît la tuburile cu catodă rece.

Mărimea rezistenţei de intrare, care se intercalează între starter şi catodă, depinde de tensiunea de comandă şi de curentul de comandă. Tiratroanele necesită, după cele de mai sus, rezistenţe de intrare mici, care simplifică condiţiile de izolare. Tuburile cu catodă rece necesită rezistenţe de intrare mari. Se va alege în orice caz un tub cu curent de comandă mai mic decît cel disponibil, pentru a exista un coeficient de siguranţă.

Tubul cu catodă rece este gata pentru funcţionare imediat după aplicarea tensiunii de alimentare. Sînt necesare dispozitive pentru stabilizarea tensiunii de alimentare.

A. S.

CZ 621.3.066.6 :537.311.4

Cercetarea rezistenţei de trecere între contacte de cupru şi contacte de argint. [După: *Mocsáry J.*, Elektroteckника, 49 (1956) 9, p. 275—280].

Autorul comunică în acest articol rezultatele lucrărilor de cercetare executate în laboratorul central de cercetări al industriei electrotehnice din R. P. U. În articol este explicată descriptiv teoria actualmente admisă elaborată de R. Holm cu privire la contacte electrice, fără să se reamintească partea teoretică şi matematică.

Pe baza acestei teorii şi ţinînd seamă şi de părerile lui Babikov s au executat o serie de cercetări asupra celor trei tipuri de bază de contacte: contactul punctiform, contactul liniar şi contactul de suprafaţă. În articol se dau diagramele întocmite pe baza cercetărilor arătînd relaţia între rezistenţa de trecere şi forţa cu care sînt presate contactele.

S-au executat măsurători de rezistenţă între contacte de cupru şi între contacte de argint, electrozii avînd diferite forme geometrice.

O. S.

CRONICĂ

Din raportul Secţiei energetică şi electrotehnică la al II-lea Congres A.S.I.T.

LA ŞEDINTA Secţiei „Energetică-Electrotehnică" care a avut loc în dimineaţa zilei de 30 mai a.c., raportul asupra activităţii secţiei a fost ţinut de conf. ing. *Gh. Lazaride*, vicepreşedinte al secţiei.

Raportul conţine următoarele capitole: 1) Introducere; 2) Dezvoltarea industriei; 3) Activitatea în cadrul A. S. I. T., 4) Probleme actuale şi de perspectivă. În cele ce urmează se prezintă extrase din acest raport, care privesc activitatea în domeniul electrotehnicii.

Dezvoltarea industriei electrotehnice

Electrificarea a adus o creştere considerabilă a cerinţelor de maşini şi aparate pentru utilizarea energiei electrice; motoare electrice, aparataj de pornire şi manevră, transformatoare, materiale pentru instalaţii interioare, aparatele electrice de larg consum şi altele.

Industria electrotehnică creată de fapt în anii puterii populare a reuşit să acopere în mare parte necesităţile economiei naţionale de echipament, utilaj şi material electrotehnic fabricînd o gamă bogată de sortimente.

S-au realizat astfel, pentru prima oară în ţara noastră, motoare electrice începînd de la cele mai mici pînă la 1 000 kW şi de tipuri diferite, transformatoare pînă la 15 MVA şi 110 kV, turbogeneratoare de 3 000 kW, aparataj de înaltă tensiune pînă la 35 kV, cabluri de forţă pînă la 6 kV, tramvaie, electrocare, echipamente electrice pentru autocamioane aparate electrice de măsură, precum şi un variat sortiment de aparate electrotehnice de uz casnic, aparataj electromedical, aparate de radio, difuzoare etc.

Principiul de bază al dezvoltării acestui sector industrial a fost concentrarea întreprinderilor în unităţi mari şi producţie de serie. Într-un interval de timp foarte scurt au fost create importante fabrici constructoare de maşini electrice, Electroputere şi Clement Gottwald fabrica de aparataj electric Electro-Aparataj şi alte fabrici de produse şi materiale electrotehnice.

Întreprinderile electrotehnice au fost înzestrate cu maşini unelte noi cele mai multe aduse din U. R. S. S. şi astfel au putut începe o producţie organizată. Din U. R. S. S. şi din ţările de democraţie populară s-au primit proiecte, asistenţă tehnică pentru punerea în funcţiune a unor fabrici, documentaţii tehnice complete pentru o serie de produse noi, cu ajutorul cărora se ridică mereu nivelul calitativ al produselor.

Pentru o producţie de bună calitate, întreprinderile au fost înzestrate cu laboratoare, atît pentru încercarea materialului folosit cît şi pentru încercarea proprietăţilor mecanice şi electrice ale diferitelor produse. De asemenea, fabricile au ateliere în care se construiesc prototipurile noilor produse. Pentru verificarea performanţelor tehnice ale maşinilor electrice rotative, transformatoarelor, aparatajului electric, întreprinderile producătoare respective au fost utilate cu bancuri speciale de probă.

În mod izolat în întreprinderile electrotehnice au fost introduse procedee tehnologice noi, pentru creşterea productivităţi muncii, reducerea preţului de cost şi îmbunătăţirea calităţii producţiei. De exemplu uscarea cu raze infraroşii a pieselor lăcuite sau vopsite a permis în unele cazuri, ca la Electrobanat, reduceri pînă la 10 — 20 ori a timpului de uscare şi s-au obţinut rezultate calitativ superioare. S-a introdus în unele întreprinderi fabricarea matriţelor de bachelită prin presare la rece, prin care se obţine o economie de cel puţin 20% la manoperă. Este în curs de introducere formarea şi uscarea rapidă a plăcilor de acumulatoare auto, care permite reducerea timpilor necesari de circa 3 ori.

Pentru obţinerea unor indici de productivitate ridicată s-au mecanizat sau automatizat o serie de procese de producţie. Printre acestea menţionăm mecanizarea turnătorilor la întreprinderile Electroputere şi Electroaparataj. S au

mecanizat şlefuirea tălpilor fiarelor de călcat, procedeele de impregnare la materiale electroizolante. Este în curs de automatizare turnarea şi pastarea plăcilor de acumulatoare.

Pentru îmbunătăţirea calităţii produselor şi economisirea unor materiale deficitare, s-au fabricat materiale electrotehnice noi. Printre acestea, magneţii metaloceramici pentru difuzoare produşi la Radio Popular, permit economisirea anuală a cca 40 t nichel şi cca 25 t de aluminiu 90 t fier şi 6 t cupru electrolitic. Un alt material important realizat este steatita de joasă tensiune pentru aparatajul de instalaţii şi de înaltă frecvenţă, pentru radiotehnică.

Ca urmare a celor menţionate mai înainte, în industria electrotehnică, productivitatea muncii a atins cea mai înaltă creştere dintre toate ramurile industriale şi anume 129,5 % faţă de 1950.

Dezvoltarea rapidă a industriei electrotehnice în primul cincinal este ilustrată prin creşterea deosebit de însemnată a volumului producţiei care în anul 1955 a fost de 370 % faţă de producţia realizată în 1950. Planul de producţie globală pe cincinal a fost realizat în proporţie de cca. 120 %.

Cu toate realizările menţionate în industria electrotehnică se manifestă încă lipsuri importante.

De asemenea nu a existat o preocupare suficientă pentru înlocuirea materialelor deficitare : astfel de abia în acest an sînt în curs de introducere în fabricaţie maşini electrice şi transformatoare cu bobinaje de aluminiu.

Nu s-a realizat nimic în domeniul utilizării maselor plastice şi izolanţilor de înaltă calitate — răşini silico-organice, răşini de turnare, polietilenă şi altele.

Socotim că pînă azi preocupările în rezolvarea problemelor legate de materialele utilizate au fost neglijate şi putem spune că această neglijare se datoreşte în bună parte şi faptului că majoritatea mare a electrotehnicienilor noştri şi a constructorilor de materiale electrotehnice nu au văzut importanţa esenţială a acestor probleme.

S-au făcut greşeli în ceea ce priveşte acordarea unor termene prea scurte pentru elaborarea pregătirii tehnice, greşeli care au influenţat negativ asupra calităţii produselor şi asupra desfăşurării procesului de producţie.

De asemenea nu s-a făcut prea mult pentru mărirea capacităţii de asimilare de produse noi şi nici nu s-au aplicat metode de scurtare a ciclurilor de asimilare a acestora, cicluri care au rămas neadmisibil de mari în unele cazuri.

Activitatea de cercetare şi proiectare

O mare însemnătate în dezvoltarea sectorului de energetică, electrotehnică şi telecomunicaţii au avut institutele de studii, cercetări şi proiectări (ISPE, ICPET, IPTC precum şi Institutul de Energetică al Academiei RPR) care au elaborat o mare parte din studiile, cercetările şi proiectele care au stat la baza realizărilor din sectoarele menţionate.

Astfel, ISPE a elaborat proiectul planului de electrificare al RPR (etapa 1951 — 1960). studiul dezvoltării sistemelor energetice în cel de al doilea plan cincinal proiecte de colaborare cu proiectanţii cehi, pentru marile centrale electrice V. I. Lenin-Bicaz şi Gh. Gheorghiu-Dej Doiceşti, primele proiecte de linii de 110 kV şi staţii de 110 kV executate în ţară ş. a.

ICPET a realizat proiecte de dezvoltare ale unor întreprinderi electrotehnice, prototipurile maşinilor de găurit prin electro-eroziune.

Dar dezvoltarea şi valorificarea activităţii de cercetare ştiinţifică au fost mult frînate de lipsa unei suficinte concordanţe între obiectul temelor de cerc tare şi problemele actuale ale producţiei, de lipsa bazei materiale pentru concretizarea şi verificarea studiilor, de necolaborare directă cu inginerii şi tehnicienii din producţie, ceea ce determină şi lipsa de preocupare pentru introducerea în practica industrială a soluţiilor propuse.

Cunoaşterea insuficientă a realizărilor de la noi şi din alte ţări duce la reluarea în studiu a unor probleme soluţionate.

Schimburile de experienţă cu ţările străine nu sînt valorificate printr-o largă difuzare a cunoştinţelor acumulate cu această ocazie, rezumîndu-se adesea la expuneri sumare în cercuri restrînse de specialişti.

Nu s-au utilizat în mod satisfăcător posibilităţile de cercetare şi de ajutoare a producţiei existente în institutele Academiei RPR şi la catedrele de învăţămînt superior.

Se resimte mult lipsa preocupărilor de cercetări energetice în institutele de proiectări şi cercetări ale departamentelor consumatoare de energie, unde, în ultima vreme, cele cîteva grupe cu asemenea preocupări, au fost lichidate.

Activitatea în cadrul A. S. I. T.

În scopul organizării şi îndrumării activităţii de specialitate din cadrul Asociaţiei a luat fiinţă în anul 1953 Secţia electricitate a Consiliului Central ASIT, devenită din 1956 Secţia energetică şi electrotehnică.

Asociaţia Ştiinţifică a Inginerilor şi Tehnicienilor prin Secţia energetică şi electrotehnică, a urmărit dezbaterea, lămurirea, cunoaşterea, soluţionarea unora din problemele mai importante ale sectorului respectiv ridicate de dezvoltarea industrială ce a avut loc în anii primului plan cincinal, multe din acestea interesînd şi o serie de alte ramuri, de asemenea în plină dezvoltare.

Prin rezolvarea acestor probleme secţia a căutat să pună pe baze tehnico-economice superioare organizarea şi procesele tehnologice în unele întreprinderi să facă cunoscute ştiinţa şi tehnica modernă, să promoveze spiritul de cercetare şi să creeze legăturile de lucru necesare între diferite întreprinderi sau chiar ramuri industriale în sprijinul inginerilor şi tehnicienilor din producţie.

O serie întreagă de acţiuni au fost organizate de secţia centrală şi secţiile de aceeaşi specialitate din filialele şi subfilialele ASIT şi în multe cazuri secţia centrală le-a tratat sub aspectul mai larg, mai cuprinzător şi au fost apoi continuate către soluţionarea la faţa locului de către secţiile şi cercurile ASIT ale diferitelor filiale. L gături de lucru s-au creat şi menţinut pe astfel de baze şi au condus la realizările din care arătăm, în cele ce urmează. pe cele mai importante.

În industria electrotehnică, au fost asimilate şi puse în fabricaţie în ultimii ani, foarte multe produse de larg consum.

Pentru îmbunătăţirea calităţii şi sortimentelor produselor electrotehnice de larg consum şi pentru reducerea preţului de cost al acestora, secţia centrală şi secţia electricitate a filialei Bucureşti au organizat în 1954 o consfătuire ale cărei concluzii prevedeau, printre altele, înlocuirea produselor de nivel tehnic necorespunzător cu altele la nivelul actual al tehnicii, asigurarea cu materiale de calitate corespunzătoare, organizarea unei producţii ritmice.

Tot pentru îmbunătăţirea calităţii şi pentru reducerea preţului de cost al produselor electrotehnice, atît al celor de larg consum cît şi pentru celelalte, secţia electricitate a filialei Bucureşti a organizat consfătuiri în întreprinderile Electroaparataj, Electromagnetica, Electrocablul şi Electrotehnica căutînd să asigure aplicarea recomandărilor consfătuirii, susmenţionate. Ca urmare s-au obtinut însemnate reduceri în consumul specific de materiale pentru acumulatoare, conductoare, cabluri ş.a. ; s-a îmbunătăţit calitatea întreruptoarelor automate, contoare, aparate de măsură, aparate de radio. Rezultate asemănătoare s-au obţinut la Craiova în ceea ce priveşte unele produse ale întreprinderii Electroputere. În toate aceste cazuri, introducerea metodelor avansate de prelucrare, prin demonstraţii practice în ateliere, au fost printre mijloacele principale folosite.

Pentru a contribui la rezolvarea problemei factorului de putere, s-a organizat o consfătuire între specialişti, s-a stabilit posibilitatea utilizării motoarelor sincrone şi a celor asincrone sincronizate în acţionările din industria petrolului. S-au fixat cu această ocazie motoarele precum şi schemele de sincronizare şi probele ce urmau să fie studiate şi realizate.

În anul trecut, în scopul promăvării şi în alte ramuri industriale a unor procedee tehnologice noi, secţia energetică si electrotehnică a Consiliului Central ASIT a organizat o consfătuire pe ţară privind încălzirea şi uscarea cu raze infraroşii în industrie, consfătuire la care s-au arătat avantajele calitative şi economice deosebit de bune ce se pot obţine cu acest procedeu dacă este introdus pe bază de studii de specialitate.

De asemenea s-a mai organizat şi consfătuirea privind introducerea şi extinderea electrotehnologiei. S-a stabilit necesitatea introducerii sistematice a acestor procedee în

întreprinderile care prelucrează metale și s-a atras atenția asupra avantajelor folosirii în acest scop a celor mai moderne instalații, la nevoie obținute prin import, renunțîndu-se la improvizări insuficient studiate și nerentabile.

De-a lungul perioadei ce privește acest raport sectorul electrotehnic a mai organizat la București comunicări în legătură cu dielectrici lichizi, progresele în domeniul surselor electrochimice de energie electrică ș.a.

În fine, organizarea ritmică a producției fiind una din problemele care condiționează obținerea de produse de bună calitate și la prețuri scăzute a determinat secția centrală să pregătească și să țină un schimb de experiență a întreprinderilor electrotehnice din București la fabrica de confecții Gh. Gheorghiu-Dej, unde se aplicau cu succes banda rulantă, conversorul secționat și prodsincronul.

Prin acțiunile organizate, din care cele arătate sînt numai o parte, secțiile de energetică și electrotehnică, centrală și de la filiale au promovat procedeele tehnice mai moderne și prin acestea ca și prin numeroase școli pentru tehnicieni la București Craiova, Iași, Pitești și în alte părți au contribuit la ridicarea nivelului profesional al inginerilor și tehnicienilor.

Anul trecut, secția centrală și secția energetică și electrotehnică a filialei București au organizat și cîteva conferințe privind folosirea energiei atomice și automatizările, informînd inginerii și tehnicienii noștri asupra realizărilor recente în aceste domenii care prin importanța lor științifică, tehnică și economică, preocupă din ce în ce mai mult cadrele tehnice de la noi.

În scopul cunoașterii largi a realizărilor din țara noastră și a cuceririlor științei și tehnicii mondiale care interesează țara noastră în domeniul electricității precum și pentru promovarea cercetărilor în acest domeniu, secția energetică-electrotehnică organizează anul acesta prima conferință a electricienilor din R. P. R. Pentru aceasta conferință s-a primit un mare număr de comunicări interesante.

În fine, s-au creat legături cu patru din marile organizații științifice de specialitate internaționale (CIGRE, CEI, WPC, CIGB). La conferințele a trei din aceste organizații s-au trimis anul trecut delegați.

La obținerea realizărilor menționate de-a lungul acestui raport, merite deosebite revin sectoarelor de energetică generală și industrială și electrotehnică ale secției centrale, secției energetică și electrotehnică a filialei ASIT București secției energetică a filialei Ploești, secției energetică a filialei Cluj, colectivelor energetice din filialele Iași și Constanța.

Secția electricitate a filialei ASIT București a dus o foarte largă activitate, tratînd sub diferite forme un mare număr de probleme, în sprijinul întreprinderilor de specialitate din Capitală. În probleme energetice, prețioase inițiative au avut filialele Iași și Ploești, ale căror lucrări au fost folosite în dezbateri sau au fost supuse departamentelor interesate. Un număr însemnat de probleme energetice de actualitate au fost studiate, dezbătute expuse sub formă de conferințe etc de către secția de la filiala Cluj. De la înființare și pînă în prezent secția centrală și-a îmbunătățit organizarea și modul său de lucru, dar a rămas totuși în urma sarcinilor și răspunderilor crescînde. Împărțirea în cele patru sectoare (energetică generală energetică industrială, electrotehnică și telecomunicații) și crearea comisiilor permanente conduse de membrii și comitetul secției au lărgit mult posibilitățile de lucru.

Strînsa legătură de lucru a Institutului de Energetică al R. P. R., cu secția energetică face posibilă tratarea amplă, în condiții mai bune a problemelor energetice.

Acțiunile noastre nu privesc sau au tratat puțin unele probleme de mare interes, ca exploatarea de calitate a sistemelor energetice, problema materialelor pentru industria electrotehnică, profilarea și organizarea producției, exploatarea și dezvoltarea rațională a telecomunicațiilor ș.a.

Secția noastră nu a observat posibilitatea realizării, prin Asociație, a unor legături între activitatea de specialitate din institutele politehnice și problemele producției industriale. Noi nu am urmărit suficient nici posibilitatea valorificării mai largi a activității institutelor de cercetări și proiectări.

Un rol deosebit în asigurarea succesului acțiunilor întreprinse de ASIT îl are conlucrarea între organele noastre și cele sindicale. Într-adevăr, multe dintre aceste acțiuni au nevoie de sprijinul maselor largi de muncitori, după cum mișcarea sindicală se poate bizui pe Asociația noastră pentru a promova preocupările tehnice în rîndurile sale. Este necesar ca în viitor să se acorde o atenție mai mare acestei colaborări, care pînă acum practic nu a existat.

Problemele industriei electrotehnice

Sarcinile cele mai importante ce stau în fața industriei electrotehnice în urma plenarei C. C. al P. M. R. din 27—29 decembrie 1956 sînt următoarele:

— *ridicarea calității și îmbunătățirea caracteristicilor* produselor electrotehnice prin asimilarea unor produse cu nivel tehnic ridicat;

— *creșterea mai departe a productivității muncii* prin introducerea tehnologiei moderne, a mecanizărilor și a automatizărilor;

— *reducerea prețului de cost* ca rezultat al creșterii productivității muncii, a reducerilor consumului de materiale și a organizării mai bune a conducerii producției.

Mijloacele și metodele prin care pot fi atinse aceste obiective stau la îndemîna tehnicienilor și inginerilor din industria electrotehnică.

Printre cele mai importante, se numără *profilarea și specializarea întreprinderilor.*

Profilul întreprinderilor trebuie stabilit în conformitate cu specificul de producție respectiv, ținînd seamă de utilajele existente și de specialitatea cadrelor; profilul astfel stabilit trebuie să sufere cît mai puține fluctuații, să se evite trecerile de produse asimilate de la o întreprindere la alta.

Prin profilare trebuie asigurat caracterul de producție de serie economică.

Specializarea întreprinderilor va asigura o organizare mai temeinică a procesului de producție. În afara specializării întreprinderilor, trebuie luate măsuri concrete și pentru specializarea în interiorul întreprinderilor a secțiilor de producție. Astfel, va trebui să se urmărească reorganizarea în mod treptat a secțiilor de producție, mergîndu-se pe principiul concentrării secțiilor mici și integrării pe grupe de produse cu specific tehnologic asemănător. Secțiile astfel organizate vor trebui integrate treptat cu mașinile unelte necesare, așezate în ordinea fluxului tehnologic de producție.

Tot pe linia profilării și specializării trebuie să se intensifice cooperarea cu industria metalurgică; să se obțină de la aceasta piesele turnate de oțel, scule mărunte tăietoare ca burghie spirale burghie de filat, freze, șuruburi etc., întrucît fabricarea lor în industria electrotehnică ocupă capacități de producție care pot fi mult mai folositor utilizate, fără pierderi specifice. Aceasta ar permite și o fabricație în serie cu productivitate mărită.

O altă problemă este cea a *reasimilării de produse* și *măririi sortimentelor.*

Este imperios necesar să se treacă în mod sistematic și planificat la reasimilarea produselor electrotehnice pentru a le aduce la nivelul tehnicii mondiale. La grupele de produse este necesar ca asimilarea să se facă pe bază de serii unitare, de exemplu: motoare electrice asincrone de la 0,8—100 kW, transformatoare de forță, aparate industriale de joasă tensiune; întreruptoare automate, contactoare (între care și acelea de frecvență mare de conectări), aparataj de instalații etc.

În afară de reasimilarea multor produse, pentru îmbunătățirea calității acestora și pentru ridicarea nivelului tehnic, în fața industriei electrotehnice stau sarcini mari de asimilare a unor produse deosebit de importante pentru diferite ramuri ale economiei naționale. Aceste produse sînt de o tehnicitate ridicată și asimilarea acestora cere un efort susținut din partea inginerilor și tehnicienilor. Prin punerea în fabricație a acestor produse se vor face economii foarte mari de devize la import. Cele mai importante produse sînt echipament electric pentru stațiile de 110 kV prevăzute în planul de electrificare; transformatoare de putere de 10 și 20 MVA, 110 kV cu reglaj sub sarcină, întreruptoare automate cu ulei de 110 kV, transformatoare de măsură, tensiune și curent de 110 kV; echipament pentru troleibus.

Introducerea automatizărilor în toate ramurile industriale cere industriei electrotehnice să elaboreze şi să producă elementele necesare acestor lucrări, amplificatoare şi regulatoare magnetice, contactoare etc.

Asimilarea unor produse de nivel tehnic ridicat necesită pe de o parte un nivel de execuţie corespunzător ceea ce înseamnă o ridicare a nivelului tehnologic din întreprindere pe de altă parte materiale de calitate corespunzătoare.

În vederea *ridicării nivelului tehnologic al producţiei* este necesar să se ia măsuri importante printre care :

— Activitatea de proiectare tehnologică din fabrici să fie supusă unei analize critice ascuţite ; este necesar ca nivelul pregătirii tehnologice să fie verificat înainte de punerea în fabricaţie a produsului, din punctul de vedere al indicilor de productivitate şi de consum de materiale atinşi, de felul în care s-a reuşit evitarea încărcării punctelor strangulate, precum şi de felul în care circuitul tehnologic prolectat se adaptează la structura organizatorică a întreprinderilor.

Aplicarea consecventă a proceselor tehnologice avansate în prelucrarea pieselor urmărind concentrarea operaţiilor la piesele complicate, reducerea prelucrărilor prin aşchiere şi eliminarea prelucrării manuale.

— Înlocuirea continuă a prelucrărilor prin aşchiere, utilizînd pe scară mai largă stanţarea şi masele plastice, adaptarea la prese a dispozitivelor de deservire automată şi semiautomată.

— Mecanizarea operaţiilor de montaj prin mecanizarea fazelor care se repetă, mecanizarea strîngerii şuruburilor, mecanizarea sortizărilor şi nituirilor etc.

— Aplicarea pe scară largă şi în condiţiile fabricaţiei de serii a electrotehnologiei.

Pentru ridicarea nivelului tehnologic trebuie formate cadre de tehnologi şi proiectanţi de scule şi să se asigure stabilitatea acestora. De asemenea trebuie mărite sculăriile şi calificate cadre de matriţieri.

Echiparea industriei electrotehnice cu utilaje specializate de mare productivitate pentru producţie, completarea laboratoarelor şi standurilor de probă, va trebui să fie în atenţia tuturor.

O bună parte din utilaje vor trebui realizate de întreprinderi prin autoutilare în care scop întreprinderile trebuie dotate cu mijloacele necesare.

O problemă importantă este aceea a *materialelor necesare realizării unor produse electrotehnice de bună calitate şi de un nivel tehnic ridicat.*

Tabla silicioasă pentru maşini electrice rotative care se fabrică în ţară trebuie ameliorată în ceea ce priveşte uniformitatea grosimii, calitatea suprafeţei şi caracteristicile magnetice. De asemenea trebuie să se pună în fabricaţie tabla silicioasă pentru transformatoare şi să se importe tole laminate la rece.

Tabla superioară (dublu decapată pentru ambutisaj) trebuie să se fabrice în cantităţi suficiente şi de o calitate corespunzătoare. De asemenea, materialele arcuite (sîrmă coardă de pian, oţel bandă albastră) trebuie să se fabrice în calităţile şi cantităţile necesitate.

Materialele rezistive (sîrmă de crom, manganin etc.) trebuie să fie fabricate de industria metalurgică din ţară, pentru a se evita importul.

Izolanţi noi, de calitate superioară trebuie dezvoltaţi în strînsă colaborare între MIPCh şi MIG. Ministerul Industriei Petrolului şi Chimiei trebuie să amelioreze şi să mărească producţia de policlorură de vinil de calitate electrotehnică.

Trebuie să se obţină prin producţie internă sau din import răşini de turnare pentru ameliorarea şi reducerea consumului de materiale la transformatoare de măsură.

De asemenea, trebuie să se dezvolte producţia de lacuri email pe bază de răşini sintetice pentru izolarea conductoarelor de bobinaj, avînd o rezistenţă termică mărită. La fel pentru lacuri de impregnare a izolaţiilor şi ţesăturilor anorganice din clasele de izolaţie B şi F. Să se dea o atenţie deosebită producerii unor izolanţi de calitate superioară pentru sîrme de aluminiu în vederea înlocuirii în măsură crescîndă a cuprului.

Mai trebuie să se iniţieze realizarea în ţară a produselor de mica, executate pe bază de procedee noi prin care se obţin materiale electroizolante cu calităţi foarte bune, fabricate din deşeuri de mică.

Pentru lărgirea sortimentului de materiale de instalaţii, MIPCh va trebui să fabrice mase plastice diferite, de exemplu şi din cele de culori dechise.

Este nevoie ca MIG şi MIPCh să colaboreze pentru asigurarea materiilor prime în vederea realizării semiconductoa relor pentru descărcătoare, redresoare etc.

Problemele secţiei energetică — electrotehnică

În anii care urmează, secţia energetică şi electrotehnică a Asociaţiei noastre trebuie să aducă contribuţii importante la rezolvarea multora din problemele arătate mai înainte.

Printre principalele obiective energetice ale secţiei trebuie să fie contribuţia la realizarea unei ample lucrări privind planul de dezvoltare energetică a ţării noastre, acţiune ce trebuie dusă în colaborare cu specialişti din toate domeniile de specialitate interesate.

Mai trebuie să se ia în considerare probleme ca aceea a dezvoltării termoficării industriale şi urbane, căile cele mai potrivite de dezvoltare a instalaţiilor de transport şi distribuţie pentru electrificarea integrală, problemele de bază ale ridicării randamentului energo-tehnologic din întreprinderile industriale,-intensificarea şi modernizarea iluminatului public. Cu specialişti din toate ramurile industriale trebuie să se realizeze un studiu cuprinzător al organizării, salarizării şi premierii activităţii energetice din toată industria.

De asemenea. va trebui să se pună în discuţie aspecte ale acţiunii de reasimilare a produselor electrotehnice şi de ridicare a nivelului tehnologic, probleme privind tipizarea materialelor şi echipamentelor în telecomunicaţii, modernizarea sistemului de telecomunicaţii etc.

În vederea ridicării continue a nivelului profesional al inginerilor şi tehnicienilor, a tehnicităţii întreprinderilor, pentru o bună calitate a produselor, ridicarea productivităţii muncii, reducerea preţului de cost, trebuie să se realizeze o largă activitate de informare asupra celor mai recente realizări ale ştiinţei şi tehnicii de la noi din ţară şi din străinătate.

Unul din mijloacele de folosit este dezvoltarea legăturilor cu organizaţiile internaţionale de specialitate prin Comitetul Naţional Romîn, iar cu asociaţiile de specialitate din ţările prietene să se treacă la un schimb sistematic de ingineri şi tehnicieni, în cadrul unor excursii cu caracter de informare tehnică.

Trebuie să se organizeze în mod periodic conferinţe ale electricienilor, eventual la interval de doi ani, spre a promova astfel spiritul de cercetare şi a permite un larg schimb de cunoştinţe între inginerii şi tehnicienii de specialitate din ţara noastră.

Este necesar să se folosească toate mijloacele pe care le avem sau le putem crea spre a da o largă difuzare materialelor ce rezultă din diferte conferinţe de la noi sau internaţionale, excursii cu caracter tehnic etc., prin reviste, conferinţe, buletine speciale etc.

Pentru a putea face faţă sarcinilor sporite trebuie să se realizeze o organizare cît mai corespunzătoare a secţiei noastre. Noul comitet trebuie să aibă printre membrii săi specialişti din diferite centre industriale, cu autoritate profesională, în stare să realizeze o bună legătură între activitatea pe plan central şi cea din regiuni.

Pe plan central şi la filiale trebuie să realizeze o organizare corespunzătoare a energeticilor industriali în cadrul secţiei de specialitate sau acolo unde nu există, de către comitetele de filiale.

Secţiile de specialitate din filiale şi subfiliale trebuie să imprime un caracter cît mai interesant, de actualitate, activităţii cercurilor ASIT din întreprinderi, să convingă conducerile întreprinderilor să considere şi să folosească activitatea cercurilor respective şi a Asociaţiei în general.

Pe plan regional şi în întreprinderi să se realizeze bune legături de lucru, pe probleme concrete, între cercurile ASIT şi organele sindicale.

Secţia noastră de specialitate trebuie să folosească în cea mai mare măsură colaborarea posibilă a cadrelor de specialişti din institutele de învăţămînt tehnic superior, colaborare care convine desigur ambelor părţi.

Corespunzător cu sarcinile sporite pe care secţia şi le asumă trebuie să se asigure condiţiile materiale necesare, condiţii ce se pot realiza atît de către Asociaţie cît şi prin con-

tribuția ministerelor și întreprinderilor interesate, în măsura în care vor considera eficientă, și valoroasă activitatea noastră.

Cu participarea activă a inginerilor și tehnicienilor de specialitate, secția energetică și electrotehnică a Asociației noastre va putea realiza aceste obiective în sprijinul celor ce se străduiesc să ridice pe trepte superioare activitatea și realizările din ramurile energetică, electrotehnică și telecomunicații.

A treia sesiune științifică de comunicări a cadrelor didactice din Institutul Politehnic București

În zilele de 27—28 iunie a.c. a avut loc a treia sesiune de comunicări a cadrelor didactice din Institutul Politehnic din București. Ședința festivă de deschidere a avut loc în ziua de 27 iunie ora 9 în Marele Amfiteatru. Cuvîntul de deschidere a fost rostit de Prof. *Constantin Dinculescu*, membru corespondent al Academiei R.P.R, rectorul Institutului Politehnic. Apoi au fost prezentate comunicările: *„Aspecte ale contribuției Institutului Politehnic din București în dezvoltarea industrială a R.P.R."* de conf. *Marinescu Nicolae*, candidat în științe, prorector al Institutului și *„Transformarea socialismului în sistem mondial"* de conf. *A. Pop*.

Ședințele de comunicări s-au ținut în 14 secții de specialitate. Ședința de închidere s-a ținut în ziua de 28 iunie a.c. la orele 20 în Marele Amfiteatru. Cuvîntul de închidere a fost rostit de prof. *Constantin Dinculescu*, membru corespondent al Academiei R.P.R., rectorul Institutului, care a făcut o trecere în revistă a rezultatelor obținute la sesiune.

Extragem din programul de comunicări, comunicările secțiilor care au legătură directă cu specificul revistei noastre și din care unele vor fi publicate în numerele viitoare ale revistei

Secția VI: Electrotehnică

Biroul Secției:

Președinte: Acad. Prof. *Budeanu C. I.*

Membri: Conf. *Mihăileanu C.*, Conf. *Popescu Cr.* și lector *Mocanu C.*

1. Lector *Mocanu C.*: Transfigurări topologice aie rețelelor electrice".

2. Lector *Timotin A.*: Introducerea fluxului de energie în teoria newtoniană a cîmpului de gravitație".

3. Lector *Țugulea A.*: „Calculul pierderilor prin curenți turbionari induși în capacele întreruptoarelor și transformatoarelor datorită curentului din bornele de trecere".

4. Conf. *Mihăileanu C.*: „Utilizarea diagramelor circulare la studiul comportării protecțiilor în timpul fenomenului de pendulare în sistemele electrice".

5. Lector *Martac D.*: „Variația puterilor active și reactive absorbite de un motor asincron trifazat cu rotorul bobinat în funcție de tensiunea de alimentare [curbele $P = f(v)$ și $Q = f(v)$]".

6. Asist. *Manea Fl.*: „Ecuațiile operaționale, în coordonatele vectorilor reprezentativi ale mașinii sincrone".

7. Asist. *Mark D.*: „Analiza eficacității folosirii conductoarelor de protecție pe liniile de 110 și 35 kV".

Secția VII: Mașini și aparate electrice

Biroul Secției:

Președinte: Acad. Prof. *Gheorghiu I. S.*

Membri: Prof. *Rădulet R.*, Conf. *Lazu C.* și Asist. *Șarlea I.*

1. Conf. *Apetrei C.*: „Metoda de proiectare a mașinilor de curent continuu cu caracteristice funcționale impuse".

2. Lector *Nedelcu V.*: Sistemele de unități relative folosite în teoria mașinii sincrone".

3. Conf. *Damsker D.* și Asist. *Weinrich Ghünther*: Servomecanism magnetic de poziție experimental".

4. Prof. *Popescu Al.*: „Asupra calculului erorilor care se comit la măsurarea puterii și energiei electrice reactive în circuitele trifazate".

5. Prof. *Avramescu A.*: „Calculul încălzirii contactelor electrice plane".

Secția VIII: Energetică și hidraulică

Biroul Secției:

Președinte: Prof. *Dumitrescu D.*

Membri: Prof. *Bercovici M.*, Conf. *Tașcă D.* și Lector *Dănilă N.*

1. Prof. *Dumitrescu D.*: O soluție exactă a ecuațiilor Navier-Stokes".

2. Conf. *Hortopan G.*: „Calculul și comanda unui generator de impuls".

3. Asist. *Cazacu M.*: „Asupra similitudinii mașinilor hidraulice rotative".

4. Conf. *Tașcă D.*: „Considerații asupra rezistențelor tangențiale".

5. Conf. *Călin. S.* și Asist. *Marcu S.*: ‚Studiul protecțiilor de distanță pentru rețelele electrice de 110 kV din R.P.R.".

6. Asist. *Zarea St.*: „Contribuții la studiul mișcării elicoidale nepermanente a fluidelor vîscoase".

7. Asist. *Cazacu M.*: „Calculul variației presiunilor la vană în fenomenul loviturii de berbec, prin metoda caracteristicilor și influența coeficientului de reflectare a undelor în vană".

9. Lector *Podani M.*: „Problema amenajării centralelor hidroelectrice și centralelor termoelectrice în R.P.R.

9. Lector *Ausländer I.*: „Contribuții la dimensionarea pompelor centrifugale".

10. Asist. *Zarea St.*, Lector *Georgescu P.* și Ing. *Bratu Cr.*: „Observații asupra alegerii formei secțiunii transversale a canalelor".

11. Conf. *Penescu C.*: „Calculul prinderii în sincronism al generatoarelor sincrone cuplate prin autosincronizare".

Ș. I.

СОДЕРЖАНИЕ

Работы Второго Съезда Научного Общества Инженерных и Технических Работников (А.С.И.Т.)

Electrotehnica, V (1957) No. 6 стр. 165

Резолюция второго Съезда А.С.И.Т. а.

Electrotehnica, V (1957) No. 6, стр. 167

Д К 538.552.9 : 621.3.012 8

Preda, M. :

Общие формы фиктивных сетей симметричных составляющих для рассчета трехфазных систем.

Electrotehnica, V (1957) No. 6, стр 170

После краткого изложения основ метода симметричных составляющих, указываются пределы в которых выгодно применять фиктивные сети симметричных составляющих, для рассчета трехфазных несимметричных систем. Выводятся новые более общие формы связывания фиктивных сетей; эти формы применяются для иследования аварийных режимов электроэнергетических систем.

Д К 621.313.33.015.3.

Manea, F. :

Переходные симметричные электромагнитные режимы асинхронной машины.

Electrotehnica, V (1957) No. 6, стр. 179

Для применения операционных уравнений в векторных представляющих координатах, выведеных посредством преобразования Лапласа при ненулевых начальных условиях, исследуются переходные режимы при внезапном приложении напряжения покоящейся асинхронной машины и при внезапном трехфазном коротким замыканием вращающейся асинхронной машины.

Д К 621.316.925.43 : 621.315.554.

Semlyén, A. :

Выбор основных размеров простых биметаллических пластин для сверхтоковых реле.

Electrotehnica, V (1957) No. 6, стр. 183

Устанавливаются выражения напряжений при свободном и несвободном расширении простых биметаллических пастин, указывая предельные температуры для каждого случая. Находится связь между стандартной рабочей характеристики и размерами биметаллической пластины, имея в виду её термическую устоичивость.

Приводится пример рассчета и усовершенствованое реле резработаное автором.

РЕФЕРАТЫ, стр. 188

ХРОНИКА, стр. 192

INHALTSVERZEICHNIS

Die Arbeiten des 2. ASIT-Kongresses

Electrotehnica, V (1957) H. 6, S. 165

Die Beschlüsse des 2. ASIT-Kongresses

Electrotehnica, V (1957) H. 6, S. 167

DK 538.552.9 : 621.3.012.8

Preda, M. :

Die allgemeinen Formen der Ersatznetze bei der Methode der symmetrischen Komponenten welche zum Studium der Drehstromnetze verwendet wird.

Electrotehnica, V (1957) H. 6, S. 170

Nach einer kurzen Darstellung der Grundelemente, die bei der Methode der symmetrischen Komponenten in Frage kommen, werdend die Grenzen angegeben, innerhalb welcher die Verwendung der Methode der symmetrischen Komponenten und der im Rahmen dieser Methode benutzten Ersatznetze vorteilhaft zur Untersuchung de unsymmetrischen Dreshstromnetze angewendet werden kann. Anschliessend werden neue allgemeine Formen von Schemas der Zusammenschaltung von Ersatznetzen festgesetzt ; diese Formen dienen zur Untersuchung von Störungen in den elektroenergetischen Systemen.

DK 621.313.33.015.3

Manea, F. :

Vorübergehende symmetrische elektromagnetische Betriebszustände der asynchronen Maschine

Electrotehnica, V (1957) H. 6, S. 179

Als Anwendung der operationnellen Gleichungen in den Koordinaten der resultierenden darstellenden Vektoren, welche durch Benutzung der Laplace'schen Transformierten bei von Null verschiedenen Ausgangsbedingungen abgeleitet wurden, werden die vorübergehenden Zustände untersucht, welche bei plötzlicher Unterspannungsetzung einer ruhenden Asynchronmaschine und beim Dreiphasenkurzschluss an den Klemmen einer sich drehenden Asynchronmaschine auftreten.

DK 621.316.925.43 : 621.315.554

Semlyén, A. :

Über die Wahl der Hauptabmessungen von einfachen, bei Uberstromrelais verwendeten Bimetallstreifen

Electrotehnica, V (1957) H. 6, S. 183

Es werden zunächst, die Ausdrücke der Beanspruchungen in dem Falle der freien und der behinderten Ausdehnung bestimmt und dann die zulässigen Übertemperaturen fur jeden einzelnen Fall festgesetzt. Dann wird die Abhängigkeit der durch die Normen festgelegten Betätigungscharakteristik des Bimetalls von dessen Abmessungen angegeben und dabei die Bedingung der thermischen Stabilität bei Uberströmen berücksichtigt. Schliesslich wird durch ein Zahlenbeispiel eine Berechnungsmethode für die Hauptdaten des Bimetallelementes angegeben und dann ein vervollkommentes Bimetallrelais dargestellt.

REFERATE, S. 188

CHRONIK, S. 192

SOMMAIRE

Les travaux du II-ème Congrès de l'Association Scientifique des Ingénieurs et Techniciens (A.S.I.T.)
Electrotehnica, V (1957) no. 6, p. 165

La Résolution du II-ème Congrès de l'Association Scientifique des Ingénieurs et Techniciens (A.S.I.T).
Electrotehnica, V (1957) no. 6, p. 167

CD 538.552.9 : 621.3.012.8
Preda M. :
Les formes générales des réseaux fictifs utilisés par la méthode de composantes symétriques à l'étude des réseaux triphasés
Electrotehnica, V(1957) no. 6, p. 170

Après une brève formulation de la méthode de composantes symetriques, l'on précise les limites dans lesquelles la méthode peut être utilisée avantageusement à l'étude des réseaux triphasés assymetriques. On établit des nouveaux formes, plus générales, d'interconexions des réseaux fictifs ; ces formes sont utiles dans l'étude des régimes d'avarie des systèmes electroénergétiques.

CD 621.313.33.015.3
Manea F. :
Les régimes électromagnétiques transitoires symétriques de la machine assynchrone
Electrotehnica, V (1957) no. 6, p. 179

Comme application des équations opérationnelles, en coordonnées des vecteurs résultants représentatifs, déduites par la transformation Laplace pour les conditions initiales non-nulles, on étudie les régimes transitoires qui résultent par l'application brusque de la tension à une machine assynchrone en repos et par le court-circuitement triphasé d'une machine assynchrone en rotation.

CD 621.316.925.43 : 621.315.554
Semlyén A. :
Choix des dimensions principales des lames bimétalliques simples utilisées comme relais de surintensité
Electrotehnica, V (1957) no. 6, p. 183

On déduit les expression des efforts dans les cas de la dilatation libre et empèchée des lames bimétalliques simples, en établissant les surtempératures admissibles dans les deux cas. On établit la dépendence entre les dimensions des lames et la caractéristique d'actionnement fixées par les normes, en considérant aussi la stabilité thermique à la surintensitée. On présente une méthode de calcul des dimensions principales des élements bimétalliques. En conclusion on décrit un relais bimétallique perfectionné par l'auteur.

COMPTE-RENDUS, p. 188

CHRONIQUE, p. 192

CONTENTS

Activities of the second A.S.I.T.-Congress
Electrotehnica, V (1957) no. 6, p. 165

Resolution of the second A.S.I.T. Congress
Electrotehnica, V (1957) no. 6, p. 167

DC 538.552.9 : 621.3.012.8
Preda M.
General forms of fictitious networks used in the symmetric components method, in three-phase networks study
Electrotehnica, V (1957) no. 6, p. 170

Starting from a brief formula of basis elements of the symmetric components method, there are precized the limits whithin appears advantageous the application of symmetric components and fictive networks method, used in frame of this procedure, in studying the non-symmetric three-phase networks. In continuation are established new general forms of the fictive networks interconnexion schemes ; these forms are useful in studying the damage regimes of electro-energetical systems.

DC 621.313.33.015.3
Manea F. :
Transient electromagnetic symmetric regimes of asynchroneous machine
Electrotehnica, V (1957) no, 6, p. 179

As applications of operational equations, to resultant representative vector co-ordinates, deduced by using Laplace transform in initial non-zero conditions, are studied the transient regimes at the brusque application of the tension of a non-synchroneous machine in rest and at 3-phase short-circuit at the terminals of an asynchroneous machine in rotation.

DC 621.316.925.43 : 621.315.554
Semlyén A. :
About choosing the principal dimensions of simple bimetallic lamellae, used as excess-current rellays
Electrotehnica, V(1957)no.6,p. 183

The expressions of stresses in case of free as well as impeded dilatation are determined, establishing for each case the admissible supertemperatures. Thereupon is fixed the connection between the drive characteristic of the bimetal, established by norms and the dimensions of it, taking also into account the thermic stability condition at excess-currents. After that, on basis of a numerical example is indicated a computing method of the principal data of the bimetallic element. Finally, an improved bimetallic relay is presented.

ABSTRACTS, p. 188

CHRONICLE, p. 192

Országos Műszaki Könyvtár TULAJDONA

ELECTROTEHNICĂ GENERALĂ

Pintov, M.A. : CZ 621.314.6.018.3
Calculul armonicelor tensiunii și curentului redresat Electricestvo, 76 1956) 12, p. 9—14.

Egorov, V. I. : CZ 621. 319. 74
Înlăturarea sarcinilor electrostatice prin ionizarea aerului. Electricestvo, 76 (1956) 12, p. 43—48.

Kuczogi, E. : CZ 681. 143 : 512.99
Riglă logaritmică pentru operații complexe. Electrotechnika, 49 (1956) 5, p. 139—148, Budapesta.

Eros, I. : CZ 621.3 (09)
Viitorul electricității. Elektrotechnika, 49 (1956) 7, p. 223—225, Budapesta.

Escoffery, C. A. : CZ 621.315.592 : 537.311.33
Noțiuni de bază asupra semiconductoarelor. Electr. Engng. 76 (1957) 2, p. 142—147.

MAȘINI ȘI TRANSFORMATOARE ELECTRICE

Sestopalov, N. M. : CZ 621.313.323.072.9
Determinarea posibilității nesincronizării motorului sincron, în planul fazelor. Electricestvo, 76 (1956) 12, p. 15—18.

Bereznikovski, S. F. : CZ 621.313.226.3.013.7
Reacția curentului din circuitul transversal al amplidinei. Electricestvo, 76 (1956) 12, p. 35—40.

Balint, G. : CZ 621.313.322—81
Problemele de dezvoltare ale turbogeneratoarelor. Elektrotehnika, 49 (1956) 6, p. 177—184, Budapesta.

Mokrany, I. : CZ 621.313.322.012.7
Generatoare sincrone în exploatare pe o rețea fără sarcină. Elektrotechnika, 49 (1956) 6, p. 185—190, Budapesta.

Retter, G. : CZ 621.313.333.2.045.13
Despre calculul barelor la colivii cu caracter de bare înalte. Elektrotechnika, 49 (1956) 7, p. 196—212, Budapesta.

Likess, K. : CZ 621.313.322—81—712
Turbogeneratoare cu răcire cu hidrogen. Elektrotechnika, 49 (1956) 7, p. 212—222, Budapesta.

Csaki Frigyes CZ 621.313.322—81.001.5
Examinarea unui turbogenerator de *44 000* kVA funcționînd în regim asincron, Elektrotechnika, 49 (1956) 8, p. 229—239, Budapesta.

Bogdan, M. : CZ 621.313.36.025.3
Cîteva probleme ale motoarelor trifazate cu colector Elektrotechnika, 49 (1956) 8, p. 239—247, Budapesta.

Hayward, A. P., Dillard, J. K., Hileman, A. R. : CZ 621.313.322—81 : 621.316.93
Protecția turbogeneratoarelor împotriva trăznetului. Electr. Engng. 76 (1957) 1, p. 53.

Shulman, J. M. : CZ 621.313.13—212.1-752
Vibrațiile motoarelor cu ax vertical. Electr. Engng. 76 (1957) 1, p. 56—58.

Wilhite, J. G. : CZ 621.3.047.43.011.4
Calculul capacității periilor de cărbune. Electr.Engng. 76 (1957) 2, p. 117.

Frișman, A. N. : CZ 621.313.13.002 : 338.062.214
Din experiența mecanizării și automatizării producției motoarelor electrice la fabrica „Volta". Vestn. Electroprom. 27 (1956) 11, p. 17—21

Usenco, V. V. : CZ 621.313.042.2 : 621.963
Elemente noi în tehnologia stanțării tolelor de stator și rotor pentru motoare electrice. Vestn. Electroprom. 27 (1956) 11, p. 28—30.

Costin, K. F. : CZ 621.313.322-82
Hidrogeneratoare pentru hidrocentrala de pe rîul Kama. Vestn. Electroprom. 27 (1956) 11, p. 30—35.

LINII ȘI STAȚII ELECTRICE

Neiman, Z. B. : CZ 621.313.322—82
Parametrii hidrogeneratoarelor pentru hidrocentrala de pe rîul Kama, Vest. Electroprom. 27 (1956) 1 1 p. 35—37.

Matics, A. : CZ 621.315.171 : 621.315.625
Calculul rezistenței mecanice a cablurilor scurte întinse pe izolatoare-lanț grele cu ajutorul unei metode mai exacte de calcul. Elektrotechnika, 49 (1956) 9, p. 264—271, Budapesta.

Ronkay, F. : CZ 621.315.171 : 621.315.625
Întinderea cablurilor montate pe izolatoare de întindere în stații de conexiuni în aer liber. Elektrotechnika, 49 (1956) 9, p. 257—263., Budapesta.

Magyar, T. : CZ 621.315. 1.001.24
Istoricul metodelor de calcule mecanice ale liniilor aeriene și problemele teoretice de bază ale calculelor. Elektrotechnika, 49 (1956) 5, p. 131—139, Budapesta

APARATE ELECTRICE

Maslenikov, N. M. : CZ 621.314.6.014.1
Calculul divizoarelor anodice de curent. Electricestvo, 76 (1956) 12,p. 18—21.

Kaplianski, A. F., Polotovski, L. C., Sokolov, N. F. și Petrov, P. I. : CZ 621.3.014.31 : 621.3.013.52
Stingerea arcului electric de curent continuu în cîmp magnetic învîrtitor. Electricestvo, 76 (1956) 12, p. 29—32.

Mogilevski, G. V. : CZ 621.318.3
Asupra calculului electromagneților cu armătură exterioară rotativă. Electricestvo, 76 (1956) 12, p. 40—42.

Ignacz, P. : CZ 621.316.933.3 : 621.313.322-81
Descărcătoare tubulare ale turbogeneratoarelor. Elektrotechnika, 49 (1956) 6, p. 157—176, Budapesta

Sieron, R. L. și Grant, D. A. : CZ 621.313.2.017
Determinarea pierderilor suplimentare în mașinile de curent continuu. Electr. Engng. 76 (1957) 2, p. 148.

Proberl. W. L. : CZ 621.317.381
Un aparat electric pentru determinarea momentului de rotație. Electr. Engng. 76 (1957) 1, p. 55.

Forsyth, S. L. : CZ 697.71
Încălzirea electrică a locuințelor. Electr. Engng. 76 (1957) 2, p. 118—123

Baker, R. M. : CZ 621.365.5 : 621.318.42
Proiectarea și calcularea bobinelor de încălzire prin inducție. Electr. Engng. 76 (1957) 2, p. 149.

Mocsary, I. : CZ 621.3.066.6 : 537.311.4
Examinarea rezistenței de trecere între contacte de cupru și contacte de argint. Elektrotechnika, 49 (1956) 9, p. 275—280, Budapesta.

INSTRUMENTE ȘI MAȘINI ELECTRICE

Kazarnovscki, L. S. : CZ 621.317.44.082.74
Coercimetru astatic electrodinamic. Vestn. Electroprom. 27 (1956) 8, p. 27—31.

Kravcenko, V, S, și Fetisov, P. A. : CZ 621.316.3/9-213.4
Asigurarea utilajului electric contra scînteilor în medii explozive. Electricestvo, 76 (1956) 12, p. 48—52.

E 2040
REFERÁLVA
KAT
Institut de Documentare Tehnică
BUCUREȘTI
OБМЕН - CSERE
VYMĚNA - WYMIANA
TAUSCH - СМЕНА

ELECTROTEHNICA

Országos Műszaki
Könyvtár
TULAJDONA

7

Electrotehnica Anul V Nr. 7 Iulie 1957

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU, prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, prof. dr. ing. A. AVRĂMESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R. (redactor responsabil), ing. V. BUNEA, laureat al Premiului de Stat, prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU, conf. ing. D. DAMSKER, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. ST. GROSU, conf. ing. GH. HORTOPAN, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. G. LAZARIDE, prof. dr. ing. R. RĂDULET, membru corespondent al Academiei R.P.R. laureat al Premiului de Stat.

Recomandări privind întocmirea articolelor tehnico-științifice

1. *Lucrări ce pot fi prezentate spre publicare sînt: de importanță generală, tehnico-științifice speciale, teoretice sau experimentale și tehnice obișnuite.*
2. *Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învățămînt, producție, este condiția esențială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuție trebuie să se refere la probleme noi și actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde considerații privind eficiența economică a soluțiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.*
3. *Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.*
4. *Lucrări care au mai fost publicate integral sau parțial, nu pot fi trimise redacției spre publicare*
5. *Un scurt rezumat fixînd premizele de la care s-a pornit, problema studiată și cadrul în care este tratată, nedepășind 6—8 rînduri, se va anexa lucrării.*
6. *În introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei și în preocupările producției; de asemenea se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuția autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permițînd inteligibilitatea fără dificultăți a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstrații voluminoase; de asemenea se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată, sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.*
7. *Concluziile vor concentra rezultatele obținute cu indicarea limitei de valabilitate și aplicațiilor posibile.*
8. *Anexele pot cuprinde demonstrații originale sau absolut necesare înțelegerii formulelor din text; de asemenea în anexe se pot da exemple de calcul.*
9. *Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmațiile luate din alte lucrări și care nu sînt în general cunoscute.*
10. *Nivelul articolelor va fi înalt.*
11. *Dezvoltările matematice vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului. Pentru demonstrații se vor alcătui anexe.*
12. *Se recomandă o atenție deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grije literele majuscule, minuscule sau cele rusești, romane, grecești, germane etc.*
13. *Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît și figuri sau tabele) speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale. Pentru cărți: numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet (eventual și tradus în paranteză), ediția, editorul, locul editării, anul. Pentru articole: numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus în paranteze), revista tomul, anul, numărul, paginile.*
14. *Scrisul la mașină al articolelor este recomandat cu insistență excepîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură față, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.*
15. *Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicații.*
16. *Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. În notă se vor indica: titluri academice, funcțiuni, localitatea și adresa domiciliului, număr de telefon.*
17. *Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora de publicare.*
18. *Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 ore de la primire. Nu se admit modificări esențiale față de manuscris, în care caz ele cad în sarcina autorului.*

Revista „Electrotehnica", organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Grele Editor: Asociația Științifică a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. Redacția: București, Str. Ion Gnica nr. 3, telefon 3 57 28 — 3 07 30. Administrația și Casieria: București, Cal. Victoriei 118, telefon 4 06 24. Redacția își rezervă toate drepturile privind lucrările precum și materialul grafic-ilustrativ apărut în revistă cît și cele privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase, referate sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei. Revista apare lunar. Abonamentul anual: pentru întreprinderi lei 96 individual lei 30. Prețul unui exemplar: lei 5. Abonamentele se primesc la sediile administrației sau redacției; sus indicate. Tiparul: Întreprinderea Poligrafică nr. 3, București.

ELECTROTEHNICA

Anul V Nr. 7 iulie, 1957

S U M A R

CZ 621.3 :061.3 C.E.I.

Mesajul Dr. Percy Dunsheath, Președintele C.E.I.

Electrotehnica, V (1957) 7, p. 197

CZ 621.3 :061.3 C.E.I.

Salut delegaților la reuniunea de la Moscova a C.E.I.

Electrotehnica, V (1957) 7, p. 198

CZ 621.318.423.041.1

Moraru A. :

Dimensiunile optime ale bobinelor cu miez de fier la un factor de pierderi dat

Electrotehnica, V (1957) 7, p. 198

Se studiază condițiile în care factorul de pierderi al unei bobine cu miez de fier este minim, la un consum minim de materiale active. Se propun forme practice de bobine cu miez de fier, care asigură calități înalte și o bună utilizare a materialelor active. Astfel se poate face o proiectare mai rațională și mai științifică a acestor bobine.

CZ 621.313.32 : 517.433

Manea Fl :

Ecuațiile operaționale, în coordonatele vectorilor reprezentativi rezultanți, ale mașinii sincrone

Electrotehnica, V (1957) 7, p. 210

Folosind calculul matricial ca metodă de scriere a ecuațiilor și schimbare a variabilelor se obțin ecuațiile diferențiale ale mașinii sincrone în coordonatele vectorilor reprezentativi rezultanți. Se aplică transformata Laplace pentru obținerea ecuațiilor operaționale generale. Ca exemple de aplicații se studiază regimuri tranzitorii de curenți la scurtcircuite simetrice și nesimetrice.

CZ 621.314.224.8.088

Semlyen A. :

Metode moderne de compensare a transformatoarelor de curent; cazuri particulare de magnetizare

Electrotehnica, V(1957) 7, p. 218

Se prezintă cele mai importante metode moderne de compensare a transformatoarelor de curent și se stabilește, pe baza unei scheme echivalente elaborate pentru transformare contramagnetizate, că aceste metode sînt toate cazuri particulare ale contramagnetizării, compensarea tensiunii de pe impedanța de sarcină putînd fi realizată cu două miezuri sau cu un singur miez.

NOTE

CZ. 621.315.1.025.3 :621.316.935

Timotin Al. :

O schemă echivalentă pentru rețeaua trifazată cu bobină de stingere

Electrotehnica, V (1957) 7, p. 224

REFERATE, p. 226

RECENZII, p. 228

CRONICĂ, p. 229

DIN ACTIVITATEA A.S.I.T., p. 230

Reînoiți
ABONAMENTELE
pe semestrul II
1957
LA REVISTELE
TEHNICE
ASIT

Országos Műszaki Könyvtár TULAJDONA

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ȘI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI GRELE

Anul V | Nr. 7 | București, iulie 1957

Mesajul Dr. Percy Dunsheath, Președintele C. E. I.

UNUL din aspectele cele mai minunate ale progresului modern al omenirii este pătrunderea pe căi practice a științei electrotehnice în toate laturile vieții; de aceea toți acei dintre noi care lucrează în acest domeniu se pot considera în adevăr fericiți. Această muncă este pentru fiecare dintre noi nu numai deosebit de interesantă, dar și roadele pe care le dă în numele bunei stări și a confortului omenirii sînt un izvor de satisfacție pentru toți.

În epoca noastră, cînd interesele tuturor țărilor lumii sînt într-un contact atît de strîns cu dezvoltarea electrotehnicii, este foarte important să se asigure o înțelegere reciprocă în domeniul terminologiei și a standardelor corespunzătoare, pentru a ușura schimbul de idei între țări. În decursul celor 53 de ani de existență C.E.I. a fost o forță motrice cu autoritate mondială în ce privește propășirea acestei activități; ea și-a cîștigat o reputație recunoscută în întreaga lume.

Tuturor participanților la sesiunile plenare anuale și la numeroasele sesiuni ale comitetelor care au loc în timpul anului le sînt bine cunoscute cauzele succeselor C.E.I. Aceste succese se explică prin aceea că un mare număr de membri individuali ai asociației, răspîndiți în lumea întreagă cheltuiesc de bunăvoie și cu generozitate din timpul și energia lor pentru ca să asigure succesul activității Comisiei. Activitatea acestor reprezentanți ai 32 de state susținută de entuziasmul și imensa putere de muncă a secretarului C.E.I. Dl Louis Ruppert și a personalului din aparatul central al Comisiei, din Geneva, alcătuiesc împreună rezultatul eforturilor uriașe ale omenirii atît în privința cheltuielii timpului cît și a resurselor financiare.

Diferite comitete internaționale își iau asupra lor funcțiile secretariatelor multora din comitetele noastre tehnice și prin aceasta realizează o contribuție de seamă la interesele generale.

C.E.I. este, fără îndoială, un organ internațional important și plin de vitalitate; independent de ceea ce se întîmplă în politica mondială, putem să ne lăudăm cu faptul că în ciuda deosebirilor de vederi care au loc în alte sfere noi veghem ca nimic să nu împiedice eforturile noastre comune pentru bunăstarea omenirii. Iau naștere probleme cu aspect pur practic legate de organizarea activității comune a multor oameni de naționalități diferite și în C.E.I. se găsesc, de obicei, soluții care conceură la bunul mers și la succesul activității colective.

Caracterul activității C.E.I. ar fi incomplet dacă nu s-ar menționa relațiile cordiale care există între C.E.I. și Organizația Internațională a Standardelor (O.I.S.) a cărei secretar general Dl. St. Leger tinde permanent către o colaborare multilaterală cu C.E.I. Sperăm să-i întîlnim la Moscova, atît pe Dl. Leger, cît și pe președintele O.I.S., Sir Roger Duncalfe.

Din punctul meu de vedere consider o împrejurare fericită faptul că la această primă sesiune de la Moscova vor participa președinții ambelor asociații internaționale, Sir Roger Duncalfe și cu mine. În decursul îndelungatei existențe a C.E.I. nici o sesiune generală nu a avut loc în Rusia. Este adevărat că o invitație în acest sens a fost făcută în 1913 de către vechiul meu amic, defunctul prof. M. A. Șatelen, însă a rămas fără rezultat datorită condițiilor internaționale nefavorabile.

Nu mă îndoiesc că voi transmite fidel—starea de spirit a multora din cei care activează pe tărîmul științei și industriei electrotehnice, dacă voi spune cît de mare este satisfacția noastră de a veni la Moscova.

U.R.S.S. se folosește de o mare reputație pentru începuturile în dezvoltarea și introducerea electrotehnicii în toate domeniile tehnice. Electrotehnica rusească are multe nume ilustre și realizările ei se bucură de admirația unanimă.

Am aflat cu cîtă energie se pregătesc colegii noștri ruși pentru primirea noastră la Moscova. Eu sînt încredințat de pe acum de succesul pe care-l vor obține lucrările comitetelor noastre și ceea ce este mai important sînt convins că se vor stabili multe legături prietenești care vor deveni pentru mulți ani un izvor de amintiri plăcute despre sesiunea din 1957 de la Moscova.

Salut delegaților la reuniunea de la Moscova a Comisiei Electrotehnice Internaționale

Comitetul de participare al U.R.S.S. la Conferințele Energetice Internaționale este fericit ca în numele tuturor electricienilor din Uniunea Sovietică să ureze bun venit la Moscova tuturor delegaților la C.E.I. și prea onoratului ei președinte, doctorului Percy Dunsheath.

Relațiile internaționale au un rol însemnat în dezvoltarea științelor și tehnicii. Prin cunoașterea reciprocă și prin discuții comune se rezolvă mai ușor problemele referitoare la dezvoltarea electrotehnicii — această ramură înaintată a industriei.

Comisia Electrotehnică Internațională contribuie la coordonarea și unificarea regulilor și normelor electrotehnice și prin aceasta ajută comitetelor naționale să-și pună în concordanță normele cu cele internaționale. Cordialitatea și modul concret de acțiune care domnește la reuniunile C.E.I. au dat întotdeauna rezultate pline de eficacitate. Avem speranța că sesiunea C.E.I. de la Moscova va avea succes și lucrările ei vor contribui la progresul ulterior al electrotehnicii.

In același timp sîntem bucuroși să aducem la cunoștință delegaților C.E.I. progresele înregistrate de Uniunea Sovietică în domeniul electrotehnicii și să le arătăm tot ce este interesant de văzut la Moscova.

Comitetul de Participare al U.R.S.S. la Conferințele Energetice Internaționale

Dimensiunile optime ale bobinelor cu miez de fier la un factor de pierderi dat

A. MORARU — București*)

Folosirea cît mai rațională a materialelor electrotehnice active (oțel și cupru) a constituit totdeauna unul din obiectivele de bază ale cercetărilor în domeniile electrotehnicii. Pe această linie, în lucrarea de față se studiază problema proiectării raționale a bobinelor de reactanță cu miez de fier care trebuie să posede un factor de pierderi cît mai mic.

CZ. 621.318.423.041.1

1. Considerații introductive

În diferite aplicații și scheme electrice sînt necesare reactanțe inductive care să posede anumite proprietăți. Principalele proprietăți cerute acestora sînt :

a) consumul de cupru pe unitatea de putere reactivă obținută să fie cît mai mic ;

b) la o cantitate de cupru dată, factorul de pierderi să fie cît mai mic ;

c) dimensiunile bobinei de reactanță să fie cît mai mici ;

d) valoarea reactanței să nu varieze prea mult cu curentul.

Aceste cerințe contradictorii în general nu pot fi satisfăcute simultan, în special la frecvențe joase (25—500 Hz). În domeniul frecvențelor înalte, toate condițiile de mai sus pot fi satisfăcute cu bobine simple, fără miez. La frecvențe joase însă bobinele fără miez magnetic nu dau satisfacție decît la dimensiuni foarte mari. Din acest motiv, pentru frecvențele joase bobinele de reactanță se fac cu miez feromagnetic.

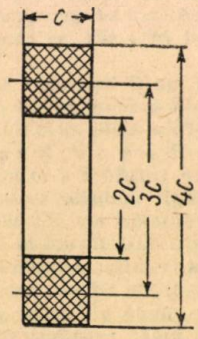


Fig. 1. Formă standard a bobinei fără miez de fier

În legătură cu utilizarea bobinelor de reactanță, cu sau fără miez feromagnetic, se pune problema determinării dimensiunilor geometrice optime, care să asigure obținerea calităților maxime cu o cantitate de cupru dată. Pentru bobinele fără miez feromagnetic această problemă a fost rezolvată deja de Maxwell, iar Brooks [1] a propus o formă standard, mai simplă, de bobină, cu dimensiuni foarte apropiate de cele optime (fig. 1). La această din urmă formă, inductanța se exprimă prin formula :

$$L \simeq \mu_0 \cdot 0{,}017 \cdot w^2 \frac{3}{2} C = 0{,}0255\, \mu_0\, w^2\, C \ [\mu H]$$

*) Ing. Augustin Moraru este șef de sector la Institutul de Energetică al Academiei R.P.R.

C fiind dimensiunea de bază (v. fig. 1), exprimată în cm;

w — numărul de spire al bobinei;
$\mu_0 = 1$ — permeabilitatea vidului.

Făcînd unele calcule simple, se poate determina volumul de cupru necesar obținerii unui anumit factor de pierderi δ $\left(\delta = \frac{R}{L\omega}\right)$.

Exprimînd toate mărimile în sistemul practic (MKSA) raționalizat ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m), rezultă:

$$\delta = 4{,}65 \frac{\rho}{\mu_0 K_{Cu}} \cdot \frac{1}{\omega C^2} = 20{,}7 \frac{\rho}{\mu_0 K_{Cu}^{1/3}} \cdot \frac{1}{\omega V_{Cu}^{2/3}}$$

unde:

ρ este rezistivitatea cuprului bobinajului;
K_{Cu} — coeficientul de umplere cu cupru a secțiunii bobinajului;
ω — pulsația curentului de alimentare ($\omega = 2\pi f$).
C — dimensiunea de bază (v. fig. 1);
V_{Cu} — volumul cuprului conținut în bobinaj.

Considerînd o cantitate de 1 kg cupru, $V_{Cu} = \frac{1}{8{,}9 \cdot 10^3} = 1{,}124 \cdot 10^{-4}$ m³, un coeficient de umplere mediu $K_{Cu} = 0{,}65$, rezistivitatea cuprului la 20°C $\rho = 1{,}754 \cdot 10^{-8}$ Ωm, la frecvența industrială $f = 50$ Hz, $\omega = 2\pi \cdot 50 = 314$, rezultă:

$$\delta = 20{,}7 \frac{1{,}754 \cdot 10^{-8}}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 0{,}65^{1/3}} \cdot \frac{1}{314\,(1{,}124 \cdot 10^{-4})^{2/3}} = 0{,}455$$

Adică pierderile active reprezintă 45,5 % din puterea reactivă absorbită de bobină. Pentru 10 kg cupru, în aceleași condiții, $\delta = 0{,}0977$, iar pentru 100 kg cupru, $\delta = 0{,}0211$, cu rezerva ca în toate cazurile dimensiunile conductoarelor să fie suficient de mici ca să nu intervină efectul pelicular.

Se poate calcula și puterea reactivă maximă ce se poate obține cu o astfel de bobină, ținînd seamă de condițiile de răcire. Pentru puteri reactive mari forma optimă a bobinei fără miez nu se poate utiliza, deoarece prezintă serioase dificultăți de construcție (trebuie prevăzute canale de răcire între straturile bobinei), care nu compensează economia de cupru.

Din calculele de mai sus rezultă că la puteri reactive mici și frecvențe joase bobinele fără miez feromagnetic nu dau satisfacție. În aceste cazuri se utilizează de obicei bobine cu miez feromagnetic, care prezintă avantaje incontestabile în domeniul frecvențelor joase și la puteri reactive nu prea mari. Făcînd o comparație între două bobine — una cu miez feromagnetic (în continuare se vor numi simplu — bobine cu fier) și una fără fier — avînd ambele aceeași cantitate de cupru, se deduc o serie de concluzii, care se vor enunța fără demonstrație (demonstrația se poate face ușor pe baza rezultatelor lucrării de față).

În condițiile arătate, rezultă:

— Bobina cu fier poate absorbi o putere reactivă mult mai mare decît bobina cu aer, la aceeași solicitare a cuprului (aceeași densitate de curent în bobinaje). De aici rezultă că la aceeași putere reactivă, dimensiunile bobinei cu fier sînt mai mici și deci cantitatea de cupru este mai mică decît la bobina cu aer.

— Factorul de pierderi al bobinei cu fier poate fi făcut mult mai mic decît al bobinei fără fier.

Totuși bobinele cu fier prezintă și o deficiență în comparație cu bobinele fără fier: variația inductanței cu curentul ce străbate bobina (variază permeabilitatea miezului). În anumite condiții — renunțînd la cerința cantității minime posibile de cupru și făcînd circuitul magnetic cu întrefier — se poate reduce mult variația inductanței cu curentul, pentru anumite limite de variație ale curentului. Astfel se poate satisface, în parte, și cerința independenței inductanței de curent, ceea ce în majoritatea aplicațiilor este suficient.

Și în privința bobinelor de reactanță cu miez de fier se pune problema determinării dimensiunilor optime, care să asigure calitățile maxime la o cantitate de cupru dată (sau în alte condiții impuse dinainte). Întrucît nu am găsit rezolvată această problemă în literatura tehnică, vom încerca să rezolvăm în această lucrare problema determinării dimensiunilor optime ale bobinelor cu miez de fier în vederea realizării unui factor de pierderi dat.

Pentru simplificare se presupune că inductanțele ce se studiază sînt utilizate în circuite de curent alternativ sinusoidal și că variația permeabilității miezului de fier nu produce deformarea sensibilă a curentului sau tensiunii sinusoidale.

2. Circuitul echivalent al unei bobine cu miez de fier

Considerînd un circuit magnetic oarecare, în general acest circuit poate fi descompus într-o serie de porțiuni a căror reluctanță se poate calcula ușor. Aflarea reluctanței totale a circuitului magnetic se face după metode cunoscute. Notînd cu R_i reluctanța unei porțiuni considerate și cu R reluctanța totală, aceasta va avea în general o expresie de forma:

$$R = \sum_{i=1}^{k} R_i + \Sigma \frac{1}{\sum_{k=s}^{i} \frac{1}{R_k}}.$$

Inductanța unui bobinaj cu w spire, așezat pe acest circuit magnetic, astfel ca el să fie străbătut de întregul flux al circuitului magnetic și neglijînd fluxul propriu de scăpări al bobinajului, are expresia:

$$L = \frac{w^2}{R}.$$

Notînd cu L_i inductanțele fictive $L_i = \frac{w^2}{R_i}$, se obține pentru L o expresie de forma:

$$L = \frac{1}{\Sigma \frac{1}{L_i} + \Sigma \frac{1}{\Sigma L_k}}.$$

Rezultă că legarea în serie a reluctanțelor parțiale R_i este echivalentă cu legarea în paralel a inductanțelor L_i definite ca mai sus, iar legarea în paralel a reluctanțelor este echivalentă cu legarea în serie a inductanțelor (circuite inverse).

De obicei circuitul magnetic al unei bobine cu miez de fier poate fi împărţit în cîteva porţiuni de secţiune constantă, în care caz reluctanţa unei porţiuni se calculează cu formula cunoscută:

$$R_i = \frac{l_{Fe\,i}}{\mu_i S_{Fe\,i}},$$

$S_{Fe\,i}$ şi $l_{Fe\,i}$ fiind lungimea, respectiv secţiunea (netă) porţiunii respective, iar μ_i — permeabilitatea în porţiunea respectivă. Inductanţa corespunzătoare L_i va avea deci expresia:

$$L_i = w^2 \frac{\mu_i S_{Fe\,i}}{l_{Fe\,i}}.$$

Dacă bobina cu miez de fier este alimentată în curent alternativ, în miezul ei se produc pierderi de energie, datorită fenomenului histerezis şi curenţilor Foucault. Pierderile specifice (pe unitate de volum) sînt funcţie de calitatea materialului utilizat, de divizarea lui (masiv, lamelat, sîrmă), de inducţia magnetică în miez şi de frecvenţa curentului de alimentare (presupus sinusoidal). Deci pierderile specifice pot fi exprimate printr-o relaţie de forma:

$$p_s = p_0' F(B, f)$$

unde B şi f sînt amplitudinea inducţiei (sinusoidale) şi frecvenţa curentului, iar p_0' este o constantă de material.

Pierderile totale în miezul de fier se obţin efectuînd integrala de volum a pierderilor specifice. Dacă inducţia este constantă în limitele unei porţiuni a circuitului magnetic, pierderile în acea porţiune se pot exprima prin formula evidentă:

$$P_{Fe\,i} = p_{si} V_i = p_0' F(B_i, f) \; V_i$$

V_i fiind volumul porţiunii considerate ($V_i = l_{Fe\,i} \cdot S_{Fe\,i}$).

Pentru a figura în circuitul echivalent al unei bobine cu fier pierderile de energie ce se produc în miezul de fier, se poate şunta inductanţa corespunzătoare fiecărei porţiuni a circuitului magnetic cu o rezistenţă:

$$R_{Fe\,i} = \frac{(\omega \psi_i)^2}{2 P_{Fe\,i}} = w^2 \frac{\omega^2 B_i^2 S_{Fe\,i}^2}{2 p_0' F(B_i, f) S_{Fe\,i} l_{Fe\,i}} =$$

$$= w^2 \frac{\omega^2 B_i^2}{2 p_0' F(B_i, f)} \cdot \frac{S_{Fe\,i}}{l_{Fe\,i}}.$$

Se observă că expresia rezistenţei de şuntare, echivalentă pierderilor în fier, se aseamănă foarte mult cu expresia inductanţei porţiunii corespunzătoare, fapt care a determinat pe unii autori să definească o „permeabilitate complexă" (în curent alternativ sinusoidal) a materialului. Nu se va insista însă asupra acestui lucru.

Din cele de mai sus rezultă că pentru fiecare porţiune a circuitului magnetic se poate defini o inductanţă convenţională şi o rezistenţă de pierderi convenţională. Notînd cu $X_i = \omega L_i$ reactanţa corespunzătoare inductanţei L_i, şi notînd simplu $R_{Fe\,i} = R_i$, circuitul echivalent al unei bobine cu miez de fier — în curent alternativ sinusoidal de pulsaţie ω poate fi pus sub forma din fig. 2. La bornele de intrare a circuitului s-a figurat în serie o rezistenţă r şi o reactanţă x_s, egale cu rezistenţa şi reactanţa de scăpări a bobinei (scăpări în raport cu circuitul magnetic).

Dacă circuitul magnetic este format numai din porţiuni legate în serie, eventual conţinînd şi ramuri paralele identice, care pot fi înglobate uşor într-o porţiune echivalentă, circuitul echivalent va fi format numai din celule $X_i \div R_i$, montate în paralel. Acesta este cazul cel mai des întîlnit în practică şi ne vom ocupa numai de el. În acest caz rezistenţele de pierderi şi

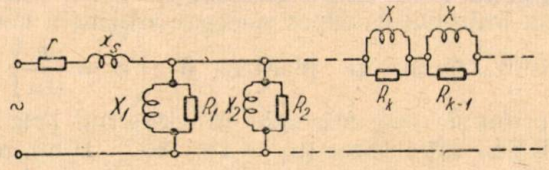


Fig. 2. Circuitul echivalent al unei bobine cu miez de fier

reactanţele pot fi compuse uşor într-o rezistenţă de pierderi echivalentă şi o reactanţă echivalentă.

$$R = \frac{1}{\Sigma \frac{1}{R_i}} \qquad X = \frac{1}{\Sigma \frac{1}{X_i}}$$

şi circuitul echivalent se reduce la forma din fig. 3.

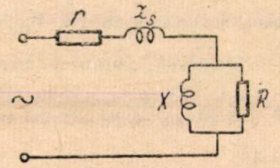


Fig. 3. Circuitul echivalent redus

3. Valoarea factorului de pierderi al bobinelor cu miez de fier

Calculînd impedenţa complexă a circuitului echivalent al bobinei cu miez de fier (fig. 3), se obţine:

$$Z_{12} = r + \mathrm{j}\, x_s + \frac{\mathrm{j} X R}{R + \mathrm{j} X} = r + \frac{X^2}{R^2 + X^2} R + \mathrm{j}\left(x_s + \frac{R^2 X}{R^2 + X^2}\right).$$

Notînd cu $q_m = \frac{R}{X}$ inversul factorului de pierderi al miezului de fier, cu $q_b = \frac{x_s}{r}$ inversul factorului de pierderi al bobinei (considerată avînd o reactanţă egală cu reactanţe de scăpări) şi cu $N = \frac{R}{r}$, factorul de pierderi al bobinei cu miez de fier are expresia:

$$\delta = \frac{r + \frac{X^2}{R^2 + X^2} R}{x_s + \frac{R^2}{R^2 + X^2} X} = \frac{1 + \frac{N}{1 + q_m^2}}{q_b + \frac{q_m N}{1 + q_m^2}}.$$

Se observă imediat că pentru $q_b = q_m$, $\delta = \frac{1}{q_m} = \frac{1}{q_b}$, însă acest caz nu prezintă nici un interes practic.

Analizînd care este valoarea diferitelor mărimi ce intervin în expresia factorului de pierderi, rezultă următoarele :

La un circuit magnetic de secțiune constantă, fără întrefieruri, q_m are expresia :

$$q_m = \frac{\omega B^2}{2 \mu p_s}.$$

Pentru oțelul electrotehnic supraaliat pentru transformatoare (0,35 mm), la inducții medii (0,2 — 1,0 Wb/m²) valoarea acestui factor este de 2,5···3,5 (mai mic la inducții mici). La alte sorturi de oțel electrotehnic, de calitate mai inferioară, sau în cazul unui miez de secțiune variabilă, q_m are valori și mai mici, putînd să devină chiar subunitar (dacă nu intervine saturația materialului), adică factorul de pierderi al miezului crește.

Prin introducerea unui întrefier în circuitul magnetic q_m se mărește considerabil — după o lege aproximativ liniară. Acest lucru se poate arăta ușor, ținînd seamă de faptul că q_m reprezintă raportul dintre puterea reactivă de magnetizare a circuitului magnetic și puterea activă de pierderi în fier. Dacă, menținînd inducția în miez — deci și pierderile în fier — constantă se introduce un întrefier în circuitul magnetic, puterea de magnetizare crește, deci crește și q_m. Lucrul acesta se poate arăta ușor și cu ajutorul circuitului echivalent din fig. 3. Separînd în acest circuit reactanțele de magnetizare convențională X și X', corespunzătoare miezului magnetic și întrefierului, rezultă :

$$q_m = \frac{R}{X} + \frac{R}{X'} = q_{m0} + q'_m$$

deoarece pierderile în întrefier sînt nule ($R' = \infty$). q_{m0} este factorul de calitate al circuitului magnetic fără întrefier, iar q'_m — creșterea factorului de calitate datorită întrefierului. Cum reactanța convențională X' variază aproximativ invers proporțional cu valoarea întrefierului, q'_m variază proporțional cu mărimea întrefierului și rezultă că factorul de calitate q_m crește cînd crește întrefierul. Se reține deci că q_m poate fi mărit prin intercalarea unui întrefier în circuitul magnetic.

Factorul q_b depinde în primul rînd de forma bobinei și de locul ei de așezare pe miezul de fier. O mare influență asupra mărimii factorului q_b o are grosimea bobinei. În majoritatea cazurilor întîlnite în practică q_b este mic și se poate neglija influența lui asupra factorului de pierderi al bobinei cu fier. Într-adevăr q_b este egal cu raportul dintre reactanța de scăpări și rezistența bobinei. Dacă bobina îmbracă întrefierul circuitului magnetic,*) reactanța de scăpări a bobinei poate fi calculată în mod analog cu calculul reactanței de scăpări a transformatoarelor. Notînd cu b grosimea bobinei, cu h — înălțimea ei, cu l — lungimea medie a unei spire și cu e — distanța bobinajului față de miezul de fier (fig. 4), rezultă în sistem raționalizat,

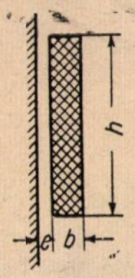


Fig. 4. Detaliu de bobină

$$x_s \approx \frac{w^2 l}{h} \mu_0 \left(e + \frac{b}{3} \right) \omega.$$

Notînd cu k_{Cu} factorul de umplere al secțiunii bobinei, rezistența bobinei este :

$$r = \rho \frac{l w^2}{k_{Cu} b h}.$$

Deci :

$$q_b = \frac{x_s}{r} \approx \frac{\mu_0 \omega k_{Cu}}{\rho} \left(e + \frac{b}{3} \right) b.$$

La frecvența industrială $f = 50$ Hz, pentru o bobină de 1 cm grosime ($b = 10^{-2}$ m), cu o distanță față de miez de $e = 2$ mm $= 2 \cdot 10^{-3}$ m, cu $\rho = 0{,}018\ \Omega\ \text{mm}^2/\text{m} = 1{,}8 \cdot 10^{-8}\ \Omega$ m și un factor de umplere mediu $k_{Cu} = 0{,}65$, rezultă

$$q_b = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2\pi \cdot 50 \cdot 0{,}65}{1{,}8 \cdot 10^{-8}} \left(2 + \frac{10}{3} \right) \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-2} = 0{,}76.$$

Considerînd raportul între grosimea și înălțimea bobinei normal $\frac{b}{h} = \frac{1}{5}$, iar diametrul mediu al bobinei egale cu $D \simeq h = 5\ b$, rezultă că greutatea cuprului cu care se obține $q_b = 0{,}76$ este

$$G_{Cu} = \pi \cdot 5 \cdot 10^{-2} \cdot 5 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-2} \cdot 0{,}65 \cdot 8{,}9 \cdot 10^3 = 0{,}454\ \text{kg}.$$

Ținînd seama că la $\frac{e}{b}$ const. q_b este proporțional cu $G_{Cu}^{2/3}$ rezultă că $q_b = 1$ se obține pentru $G_{Cu} = 0{,}688$ kg. Deci q_b devine supraunitar numai la cantități mari de cupru.

Raportul $\frac{R}{r} = N$ depinde de forma circuitului magnetic, de forma bobinei, de constantele de material, de frecvență și este proporțional cu patratul dimensiunilor liniare ale bobinei și miezului. Factorul N nu este influențat de prezența unui întrefier în circuitul magnetic (dacă nu se produc pierderi suplimentare în fier).

Considerînd un miez de fier de secțiune constantă S_{Fe}, de lungime l_{Fe}, cu pierderile specifice p_s la inducția B, iar bobina avînd

*) Dacă bobina nu îmbracă întrefierul circuitului magnetic, x_s crește, însă se măresc foarte mult pierderile suplimentare în fier, ceea ce anulează complet avantajul obținut prin mărirea lui q_b. De aceea bobinele cu factor de pierderi mic se fac cu bobinele îmbrăcate peste întrefieruri.

o secțiune netă de cupru S_{Cu} și cu lungimea spirei medii l_{Cu}, rezultă

$$R = \frac{\omega^2 \psi^2}{2 P_{Fe}} = w^2 \frac{\omega B^2}{2 p_s} \cdot \frac{S_{Fe}}{l_{Fe}}$$

$$r = \rho w^2 \frac{l_{Cu}}{S_{Cu}}$$

$$N = \frac{R}{r} = \frac{\omega^2 B^2}{2 \rho p_s} \cdot \frac{S_{Cu}}{l_{Cu}} \cdot \frac{S_{Fe}}{l_{Fe}}.$$

În tabele se dau de obicei pierderile specifice $p_0 = \frac{p_s}{\gamma_{Fe} B^2}$, γ_{Fe} fiind greutatea specifică a materialului magnetic. Astfel expresia lui N devine

$$N = \frac{\omega^2}{2 \rho p_0 \gamma_{Fe}} \cdot \frac{S_{Cu}}{l_{Cu}} \cdot \frac{S_{Fe}}{l_{Fe}}.$$

Dacă miezul nu este de secțiune constantă, expresia lui N devine

$$N = \frac{\omega^2}{2 \rho \gamma_{Fe}} \cdot \frac{S_{Cu}}{l_{Cu}} \cdot \frac{1}{\sum_i \left(\frac{p_0 l_{Fe}}{S_{Fe}} \right)}.$$

Se observă că factorul N este proporțional cu patratul dimensiunilor liniare și la o bobină dată cu un miez dat, variază numai cu frecvența curentului de alimentare și cu inducție (prin intermediul pierderilor specifice). Variația cu inducția în general este mică, la inducții mijlocii.

Examinînd cum variază factorul de pierderi δ al bobinei cu miez de fier cînd variază parametrii q_m, q_b și N, se constată că δ prezintă un minim în cazul cînd:

$$q_m^2 - 2 q_b q_m - N - 1 = 0.$$

Notînd cu q_{mM} valoarea lui q_m care satisface relația de mai sus,

$$q_{mM} = q_b + \sqrt{N + 1 + q_b^2}$$

factorul de pierderi minim are valoarea

$$\delta_{min} = \frac{2 q_{mM}}{2 q_{mM} q_b + N}.$$

Considerînd $q_b^2 \ll N$ și $N \gg 1$, relații care sînt satisfăcute în majoritatea cazurilor, rezultă:

$$q_{mM} \approx \sqrt{N}$$

$$\delta_{min} \approx \frac{2 q_{mM}}{N} \approx \frac{2}{\sqrt{N}} \approx \frac{2}{q_{mM}}.$$ *)

Deci pentru a se obține un factor de pierderi cît mai mic, trebuie ca N să fie cît mai mare.

*) În [2] se enunță, fără demonstrație, condiția de minim sub forma $X = \sqrt{R r}$, care rezultă imediat de mai sus.

Se observă că valoarea $q_{mM} = q_b + \sqrt{N + 1 + q_b^2}$ nu este critică pentru minimul factorului de pierderi δ. Într-adevăr, admițînd aceleași aproximații ca mai înainte ($q^2 \ll N$ și $N \gg 1$), rezultă:

$$\frac{\delta}{\delta_{min}} \approx \frac{1}{2} \left(\frac{q_m}{q_{mM}} + \frac{q_{mM}}{q_m} \right).$$

Deci pentru $0{,}5 \leqslant \frac{q_m}{q_{mM}} \leqslant 2$, $\frac{\delta}{\delta_{min}} \leqslant 1{,}25$, iar pentru abateri mai mici ale lui q_m de la valoarea optimă, variația lui δ este și mai mică. Acest fapt este important, căci reactanța circuitului variază invers proporțional cu q_m, și deci la varierea reactanței de 4 ori, variația factorului de pierderi poate să fie numai de 25 %, ceea ce permite ajustarea la valoarea dorită a reactanței în jurul valorii optime, prin varierea mărimii întrefierului.

S-a văzut că pentru a obține un factor de pierderi cît mai mic, trebuie mărit cît mai mult factorul N. Acesta din urmă poate fi pus sub forma

$$N = M \cdot \nu$$

unde:

$$M = \frac{\omega^2}{2 \rho p_0 \gamma_{Fe}}$$

$$\nu = \frac{S_{Cu}}{l_{Cu}} \cdot \frac{S_{Fe}}{l_{Fe}}.$$

M este un factor ce depinde de constantele de material: rezistivitatea materialului conductor (cupru) și pierderile specifice (pe unitate de volum) raportate la patratul inducției și pulsației ei.

ν este un factor ce depinde de dimensiunile geometrice ale bobinei și miezului, și în continuare va fi denumit *factor de geometrie*.

La oțelul electrotehnic silicios normal pentru transformatoare, de 0,5 sau 0,35 mm grosime, la 50 Hz și considerînd materialul conductor cupru electrolitic, valoarea lui M este de 1,2 — $3{,}5 \cdot 10^8 \frac{1}{m^2}$, pentru inducții mai mari de 0,2 Wb/m². La inducții mai mici, valoarea lui M scade. Deci M este o mărime ce nu poate fi variată prea mult și maximul lui N trebuie obținut prin varierea factorului de geometrie ν.

4. Maximul factorului de geometrie al bobinelor cu miez de fier

În fig. 5 s-au reprezentat trei dintre cele mai uzuale forme de bobine cu miez de fier: a/bobină cu miez simplu; b/bobină cu miez în manta; c/bobină trifazată cu miez simplu. Sînt posibile și variante ale acestor forme: miez simplu cu bobină pe o singură coloană (variantă la tipul a), bobină trifazată cu miez în manta etc. Toate aceste cazuri, precum și altele,

se pot studia cu ajutorul metodei generale dată mai jos. Pentru simplitate se consideră că secțiunea miezului este constantă. În cazul miezului în manta, secțiunea fiecărei coloane laterale este egală cu jumătatea secțiunii coloanei centrale.

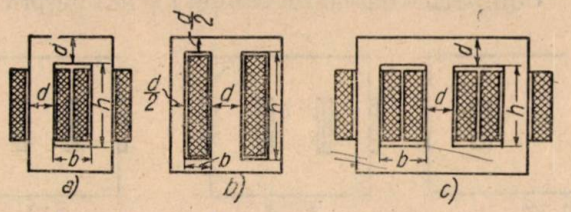


Fig. 5 Formele uzuale de bobinele cu fier.

Cu notațiile din fig. 5 se pot stabili următoarele relații:

— secțiunea de fier este proporțională cu d^2:

$$S_{Fe} = a_1 \; k_{Fe} \, d^2$$

k_{Fe} fiind un coeficient de umplere (izolare), iar a_1 —un coeficient care depinde de forma miezului;

— lungimea medie a liniei de cîmp în fier se poate exprima printr-o relație liniară de forma:

$$l_{Fe} = a_2 \, h + a_3 \, b + a_4 \, d$$

a_2, a_3, a_4 fiind niște coeficienți care depind de forma miezului;

— secțiunea de cupru este proporțională cu secțiunea ferestrei

$$S_{Cu} = a_5 \; k_{Cu} \, b \, h$$

k_{Cu} fiind un coeficient de umplere, care depinde de izolația conductoarelor de bobinaj și de izolația bobinei iar a_5 un coeficient ce depinde de numărul de bobine așezate în aceeași fereastră;

— lungimea medie a unei spire a bobinei se poate exprima printr-o relație liniară de forma:

$$l_{Cu} = a_6 \, d + a_7 \, b$$

a_6, a_7 fiind coeficienți ce depind de forma miezului și a bobinei.

Relațiile descrise mai sus sînt absolut generale pentru miezurile cu inducție constantă în lungul lor, și acesta este cazul cel mai interesant în practică. Dacă miezul nu este saturat și pierderile p_s sînt proporționale cu patratul inducției B, se pot stabili relații similare și în cazul miezurilor cu secțiune variabilă (se modifică numai valorile coeficienților a_2, a_3, a_4).

Maximul factorului de geometrie ν se poate determina în diferite ipoteze, dintre care se menționează ca cele mai importante următoarele:

α) se menține constantă cantitatea de cupru, $V_{Cu} = \text{const.}$;

β) se menține constantă cantitatea de fier, $V_{Fe} = \text{const.}$;

γ) se impune condiția de cost constant, la un raport dat între prețurile unității de cantitate de cupru și de fier.

Cel mai important este cazul α. Cazul β se întîlnește rar și numai la materiale magnetice speciale. Cazul γ este cel mai atrăgător din punct de vedere economic. În cazurile uzuale de obicei condiția γ se apropie mult de condiția α, mai ales că în vecinătatea maximului variațiile lui ν sînt mici la variații sensibile ale dimensiunilor. De aceea se vor studia numai cazurile α și β. Studiul direct al cazului γ este foarte dificil și în proiectare se rezolvă de obicei prin aproximații succesive, calculînd perechi de variante.

Cu notațiile de mai sus, expresia factorului de geometrie devine

$$\nu = \frac{a_1 \, a_5 \, k_{Fe} \, k_{Cu} \, d^2 \, b \, h}{(a_2 \, h + a_3 \, b + a_4 \, d)(a_6 \, d + a_7 \, b)}$$

α) $V_{Cu} = \text{constant.}$

Condiția suplimentară este

$$V_{Cu} = a_5 \, k_{Cu} \, b \, h \, (a_6 d + a_7 b) = \text{const.}$$

Maximul lui ν se obține pentru rapoartele

$$2\frac{d}{b} = \frac{a_3}{a_4} + 4\frac{a_7}{a_6} + \sqrt{\left(\frac{a_3}{a_4}\right)^2 + 32\frac{a_3 \, a_7}{a_4 \, a_6} + 16\left(\frac{a_7}{a_6}\right)^2}$$

$$2\frac{h}{b} = \frac{a_3}{a_2} + \frac{a_4}{a_2} \cdot \frac{d}{b}$$

β) $V_{Fe} = \text{constant.}$

Condiția suplimentară este

$$V_{Fe} = a_1 \, k_{Fe} \, d^2 \, (a_2 \, h + a_3 b + a_4 d) = \text{const.}$$

Maximul lui ν se obține pentru rapoartele:

$$\frac{b}{d} = \frac{1 + \sqrt{1 + 24\frac{a_4 \, a_7}{a_3 \, a_6}}}{4\frac{a_7}{a_6}}$$

$$\frac{h}{b} = \frac{3}{2}\left(\frac{a_4}{a_2} + \frac{a_3}{a_2}\frac{b}{d}\right).$$

Înlocuind valorile găsite, se obține expresia valorii maxime a factorului de geometrie ν în cele două cazuri considerate. Pentru a face comparația între cele două tipuri (α și β) s-au calculat o serie de variante, la forme uzuale de circuite magnetice, care sînt date la punctul următor.

5. Forme uzuale de bobine cu miez de fier, cu factor de geometrie maxim

S-au considerat 3 forme în 6 variante, dintre bobinele cu miez de fier cele mai des întîlnite în practică. Prima formă de miez cu două coloane — se realizează în trei variante: *1*) miez

de secțiune patrată, cu bobină pe o singură coloană ; *2*) miez de secțiune patrată, cu bobine pe ambele coloane și *3*) miez de secțiunea circulară, cu bobine pe ambele coloane. A doua formă (*4*) are miezul în manta, cu secțiunea

În fig. 6 și 7 s-au reprodus formele optime ale miezurilor în cele două cazuri (α și β). În tabela 1 se dau și valorile coeficienților $a_1, \ldots, a_7$ pentru formele considerate.

Comparînd datele din tabela 1 și se 2 desprind o

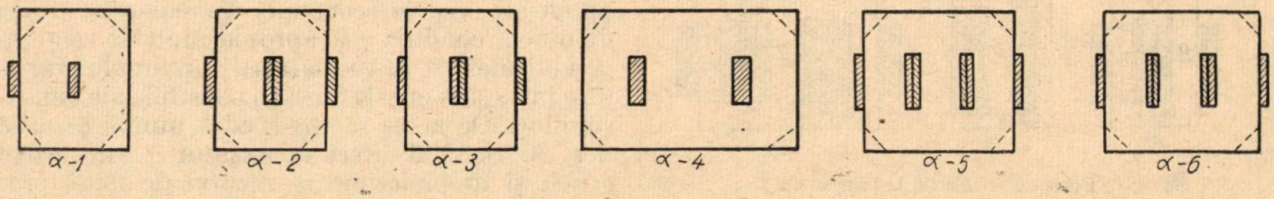


Fig. 6. Formele optime ale miezurilor (α).

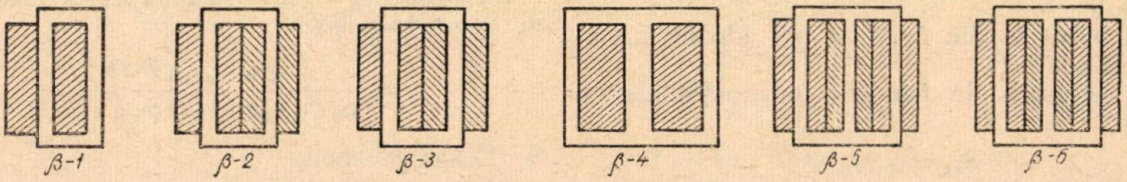


Fig. 7. Formele optime ale miezurilor (β).

coloanei centrale patrată. A treia formă reprezintă un miez trifazat cu trei coloane, cu bobine pe fiecare coloană. Cele două variante se deosebesc prin forma secțiunii miezului : pătrată (*5*) sau circulară (*6*). Alimentarea acestui ultim tip se realizează în curent trifazat. La toate trei formele s-a considerat că șablonul bobinei urmărește forma miezului (în partea interioară), pentru a se realiza un factor de umplere cît mai bun.

S-au întocmit două tabele : prima pentru dimensiunile determinate în ipoteza $V_{Cu} = \text{const}$, (tabela 2) iar a doua pentru $V_{Fe} = \text{const}$. (tabela 3).

Valorile de la formele trifazate s-au calculat în medie, adică pentru lungimea medie a liniei de cîmp în fier (l_{Fe}) și se referă la o singură coloană pentru a se putea compara mai ușor cu bobinele monofazate.

Tabela 1

Tipul	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
1	1	2	2	π	1	4	π
2	1	2	2	π	1	4	$\frac{\pi}{2}$
3	$\frac{\pi}{4}$	2	2	π	1	π	$\frac{\pi}{2}$
4	1	2	2	$\frac{\pi}{2}$	1	4	π
5	1	1	$\frac{4}{3}$	$1+\frac{\pi}{3}$	$\frac{1}{2}$	4	$\frac{\pi}{2}$
6	$\frac{\pi}{4}$	1	$\frac{4}{3}$	$1+\frac{\pi}{3}$	$\frac{1}{2}$	π	$\frac{\pi}{2}$

serie de concluzii importante. Printre acestea se menționează următoarele trei :

— Ipoteza α conduce la bobine cu minim de cupru la un ν dat, pe cînd ipoteza β conduce la bobine cu minim de fier (v fig. 6 și 7).

— Dintre formele de bobine considerate, cea mai avantajoasă este forma 4 (miez în manta) pentru bobinele monofazate (a se compara valorile din liniile 7 și 8).

— Realizarea unei reactanțe trifazate din trei bobine monofazate este inferioară realizării unor bobine pe miez trifazat (liniile 7 și 8).

Cu ajutorul tabelelor de mai sus se pot deduce o serie de concluzii și în privința costului relativ al diferitelor forme de bobine, precum și în privința puterii reactive maxime ce se poate obține cu acestea. Pentru a se putea face mai ușor comparația și din punctele de vedere mai sus amintite, se vor prelucra rezultatele de mai sus.

Considerînd costul unei bobine egal (sau proporțional) cu costul materialelor active (cupru și fier), se poate scrie relația :

$$C = c_{Cu}\, V_{Cu}\, \gamma_{Cu} + c_{Fe}\, V_{Fe}\, \gamma_{Fe}$$

unde :

C este costul bobinei cu miez ;
c_{Cu} — costul unității de masă de cupru (sîrmă de bobinaj) ;
c_{Fe} — costul unității de masă de fier (oțel electrotehnic) ;
γ_{Cu} — densitatea cuprului ;
γ_{Fe} — densitatea fierului.

Notînd cu $V'_{Cu} = \frac{V_{Cu}}{k_{Cu}}$ și $V'_{Fe} = \frac{V_{Fe}}{k_{Fe}}$ volumele

ocupate de bobinaj (cupru) și de miez (fier), costul bobinei cu fier poate fi exprimat prin relația:

$$C = c_{Cu}\, k_{Cu}\, \gamma_{Cu}\, V'_{Cu}\left[1 + \frac{c_{Fe}}{c_{Cu}}\,\frac{k_{Fe}}{k_{Cu}}\,\frac{\gamma_{Fe}}{\gamma_{Cu}}\,\frac{V'_{Fe}}{V'_{Cu}}\right].$$

de valoarea maximă admisibilă a inducției în miez. Or limitarea valorii inducției în miez, la un material dat echivalează cu limitarea valorii maxime a pierderilor specifice p_s (§ 2 și § 3). Se va căuta deci legătura dintre valoarea

α) V_{Cu} = **const. (fig. 6)**

Tabela 2

Forma	1	2	3	4	5	6
$\frac{d}{b}$	4,45	2,75	3,23	5,5	2,78	3,25
$\frac{h}{b}$	4,00	2,66	3,04	2,66	3,52	3,96
$\frac{\nu}{k_{Fe}\, k_{Cu}\, b^2}$	0,1575	0,10	0,117	0,20	0,1015	0,1134
$\frac{V_{Cu}}{k_{Cu}\, b^3}$	119,8	33,4	35,5	66,8	22,3	22,6
$\frac{V_{Fe}}{k_{Fe}\, b^3}$	476	120,8	149,2	483,2	81,5	99
$\frac{V_{Cu}}{V_{Fe}}\cdot\frac{k_{Fe}}{k_{Cu}}$	0,252	0,277	0,238	0,1385	0,274	0,229
$\frac{\nu}{k_{Fe}\, k_{Cu}^{1/3}\, V_{Cu}^{2/3}}$	0,00649	0,00965	0,01082	0,01215	0,01275	0,0142
$\frac{\nu}{k_{Fe}^{1/3}\, k_{Cu}\, V_{Fe}^{2/3}}$	0,00259	0,00408	0,00416	0,00325	0,00589	0,00530

β) V_{Fe} = **const. (fig. 7)**

Tabela 3

Forma	1	2	3	4	5	6
$\frac{b}{d}$	2,08	3,17	2,73	1,585	3,15	2,705
$\frac{h}{d}$	6,98	7,11	6,45	3,56	9,37	8,49
$\frac{\nu}{k_{Fe}\, k_{Cu}\, d^3}$	0,0612	0,106	0,0866	0,053	0,1055	0,0862
$\frac{V_{Cu}}{k_{Cu}\, d^3}$	153	202	131	50,6	132	85
$\frac{V_{Fe}}{k_{Fe}\, d^3}$	22,5	23,7	16,9	11,85	15,6	11,1
$\frac{V_{Cu}}{V_{Fe}}\cdot\frac{k_{Fe}}{k_{Cu}}$	6,8	8,54	7,75	4,27	8,45	7,65
$\frac{\nu}{k_{Fe}\, k_{Cu}^{1/3}\, V_{Cu}^{2/3}}$	0,00214	0,00307	0,00336	0,00387	0,00406	0,00445
$\frac{\nu}{k_{Fe}^{1/2}\, k_{Cu}\, V_{Fe}^{2/3}}$	0,00767	0,0128	0,01315	0,00748	0,00169	0,0173

Puterea reactivă maximă ce o poate da o anumită bobină cu miez de fier este limitată pierderilor specifice și puterea reactivă ce o poate da bobina.

Tabela 4

Valoarea factorului de pierderi dată $\delta = \text{const.}$ ($\nu = \text{const.}$)

Forma			1	2	3	4	5	6
Valoarea relativă a dimensiunii	$\tilde{b}$	α	0,757	1,0	0,925	0,707	0,993	0,940
	$\tilde{d}$	β	1,27	0,973	1,062	1,354	0,975	1,075
Valoarea relativă a costului	$\tilde{c}$	α	1,93	1,0	0,925	1,16	0,656	0,680
		β	3,67	2,095	1,845	1,54	1,38	1,195
Valoarea relativă a puterii reactive	$\tilde{Q}$	α	1,98	1,0	0,98	1,41	0,660	0,680
		β	0,389	0,18	0,173	0,402	0,1085	0,114

Tabela 5

Valoarea puterii reactive maxime dată $Q_{max} = \text{const.}$

Forma			1	2	3	4	5	6
Valoarea relativă a dimensiunii.	$\tilde{b}$	α	0,67	1,0	0,93	0,647	1,10	1,065
	$\tilde{d}$	β	1,62	1,49	1,66	1,93	1,65	1,85
Valoarea relativă a costului	$\tilde{c}$	α	1,145	1,0	0,94	0,892	0,893	0,93
		β	7,41	7,55	6,85	4,34	6,76	6,11
Valoarea relativă a factorului de geometrie	$\tilde{\pi}$	α	0,708	1,0	1,01	0,838	1,22	1,29
		β	1,6	2,35	2,39	1,97	2,88	2,95

Se observă că raportul dintre pierderile în cupru și în fier este dat de relația (§ 3):

$$\frac{P_{Cu}}{P_{Fe}} = \frac{r}{\frac{X^2}{R^2 + X^2} R} = \frac{1 + q_m^2}{N}.$$

În cazul factorului de pierderi minim, considerînd q_m și N mari față de unitate, iar q_b mic, rezultă $q_m \approx \sqrt{N}$ și deci:

$$\frac{P_{Cu}}{P_{Fe}} \approx \frac{1 + N}{N} \approx 1.$$

Deci în cazul optim, pierderile se repartizează în mod egal între cupru și fier. Cum factorul de pierderi δ este egal și cu raportul dintre pierderi și puterea reactivă (ultima este produsă aproape integral de circuitul magnetic), adică:

$$\delta = \frac{P_{Cu} + P_{Fe}}{Q} \simeq \frac{2 P_{Fe}}{Q}$$

rezultă legătura dintre puterea reactivă Q și pierderile în fier:

$$Q \simeq \frac{2}{\delta} P_{Fe} = \frac{2}{\delta} \gamma_{Fe} p_s V_{Fe}.$$

În § 3 s-a arătat că în cazul optim $\delta = \frac{2}{\sqrt{N}}$ și cum $N = M \nu$, rezultă:

$$Q \simeq \sqrt{M} \gamma_{Fe} p_s \sqrt{\nu} V_{Fe} = \sqrt{M} \gamma_{Fe} p_s k_{Fe} \sqrt{\nu} V'_{Fe}.$$

În tabelele 4 și 5 costurile și puterile reactive s-au exprimat în unități relative, considerînd mărimi de raportare valorile cores-

punzătoare bobinelor de tipul $\alpha - 2^*$). S-a considerat că, mărimile k_{Cu}, k_{Fe}, γ_{Cu}, γ_{Fe}, c_{Cu}, c_{Fe}, p_s şi M au aceeaşi valoare pentru toate tipurile de bobină, iar raportul caracteristic ce intervine în expresia costului are valoarea medie

$$\frac{c_{Fe}}{c_{Cu}} \frac{k_{Fe}}{k_{Cu}} \frac{\gamma_{Fe}}{\gamma_{Cu}} = \frac{1}{5} \cdot \frac{0{,}875}{0{,}3} \cdot \frac{7{,}6}{8{,}9} \simeq 0{,}5$$

pentru conductoare de bobinaj izolate cu mătase (de dimensiuni mici) sau bumbac (la dimensiuni mari).

Calculele comparative s-au făcut în două ipoteze :

— obţinerea unei valori date a factorului de pierderi (sau a factorului de geometrie) ;

— obţinerea unei valori date a puterii reactive.

Pentru a putea compara şi dimensiunile geometrice ale bobinelor în aceste cazuri, s-au dat şi valorile relative ale dimensiunilor de bază (b sau d), mărimea de raportare fiind dimensiunea b a bobinei de tipul 2, în cazul α .

Din tabelele 4 şi 5 rezultă că tipurile de bobine cu cantitate minimă de cupru (α) sînt mai ieftine, în cazul utilizării cuprului şi oţelului electrotehnic normal pentru transformatoare, decît bobinele cu cantitate minimă de fier (β). Dacă în loc de cupru, pentru bobinaj se utilizează aluminiu, costurile celor două tipuri de bobine (α şi β) devin aproape egale în cazul unui factor de pierderi dat, însă în cazul unei puteri reactive maxime date, tipurile α rămîn mai ieftine decît tipurile β. Utilizarea unui material magnetic special, mai scump decît oţelul electrotehnic normal, conduce la aceleaşi concluzii ca şi utilizarea unui material conductor mai ieftin şi mai uşor, în speţă utilizarea aluminiului în loc de cupru. Această concluzie rezultă calitativ şi direct, dacă se ţine seama de specificul celor două tipuri de bobine : α — cu fier (sau material magnetic) mult, iar β cu cupru (sau material conductor) mult.

În majoritatea cazurilor practice, bobinele de tipul α rezultă mai avantajoase decît cele de tipul β.

Comparînd cele două tipuri de bobine din punctul de vedere al puterii reactive maxime ce se poate obţine, rezultă că tipurile α sînt mai avantajoase la puteri reactive mari, iar tipurile β — pentru puteri reactive mici, dacă se face abstracţie de costul ridicat al acestora din urmă. În general se recomandă utilizarea bobinelor de tipurile α, iar tipurile β să se utilizeze numai în cazurile cînd tipurile α nu pot asigura valoarea dorită a factorului de pierderi la puterea reactivă dorită (foarte mică) şi costul bobinei nu interesează.

Comparaţia diferitelor forme de miezuri poate duce de asemenea la o serie de concluzii interesante, însă se vor arăta numai cîteva dintre acestea.

— La un factor de pierderi dat (δ = const. sau ν = const.), toate formele examinate (1. . .6) sînt aproape echivalente din punctul de vedere al costului raportat la puterea reactivă $\left(\frac{\tilde{c}}{\tilde{Q}} = \right.$ const.); numai forma 4 (miez în manta) se abate puţin de la această relaţie.

— Dintre bobinele monofazate cea mai avantajoasă apare forma 4. Dacă se ţine însă seama şi de tehnologia realizării bobinelor, apar ca avantajoase formele 2 şi 3, prima la puteri reactive mici şi medii, iar ultima — la puteri reactive mari.

— Realizarea unei reactanţe trifazate din trei bobine monofazate este mai costisitoare decît realizarea cu miez trifazat. Acest lucru rezultă evident mai ales cînd se impune puterea reactivă maximă (tabela 5), care este cel mai frecvent caz la reactanţele trifazate. Din tabela 5 rezultă că forma de miez trifazat 5, asigură un cost cu cca. 10 % mai mic decît forma de miez monofazat 2, realizînd totodată un factor de geometrie cu 22 % mai mare, respectiv un factor de pierderi cu cca. 10 % mai mic decît forma 2. Forma de miez 6 este avantajoasă numai la puteri reactive foarte mari, unde forma 5 (cu bobine executate pe şablon patrat) dă dificultăţi tehnologice mari.

Observaţie. În calculele făcute la întocmirea tabelelor 2—5 s-a presupus că se poate considera acelaşi coeficient de umplere k_{Cu} la toate formele de bobine, în ambele cazuri (α şi β). De fapt coeficientul k_{Cu} este mai mare la tipurile β decît la tipurile α. Din acest motiv parametrii bobinelor de tipurile β sînt puţin mai ridicaţi decît cei daţi în tabelele de mai sus, însă diferenţele sînt mici şi nu schimbă cu nimic concluziile.

6. Forme practice de bobine cu miez de fier

Tipurile de bobine cu miez de fier determinate ca optime sînt totodată şi forme limită din punctul de vedere al posibilităţii realizării lor practice, fără dificultăţi prea mari. Astfel tipurile α (v. fig. 6) au un circuit magnetic voluminos şi într-o oarecare măsură — disproporţionat în comparaţie cu bobinajele. Greutatea circuitului magnetic se poate reduce puţin, prin tăierea colţurilor inutile din punct de vedere magnetic (punctat în fig. 6), însă acest lucru nu aduce avantaje considerabile — mai ales că implică o prelucrarea suplimentară — şi nu este justificat decît din considerente estetice. La aceste bobine mărirea dimensiunilor circuitului magnetic în raport cu dimensiunile bobinei propriu zise (mărirea raportului $\frac{d}{b}$) apare inadmisibilă.

Tipurile β au o bobină disproporţionat de mare în comparaţie cu circuitul magnetic şi apar dificultăţi în privinţa răcirii bobinajului.

*) Această formă de bobină monofazată este avantajoasă atît din punct de vedere tehnologic, cît şi economic şi are cea mai largă răspîndire.

Mărirea dimensiunilor bobinei în raport cu dimensiunile circuitului magnetic (mărirea rapoartelor $\frac{b}{d}$ și $\frac{h}{d}$) duce în cele din urmă la desființarea circuitului magnetic, în care caz se ajunge la bobina fără miez de fier și nu este deci rațională.

Bobinele cu miez recomandabile pentru realizare se vor situa deci între cele două tipuri extreme (α și β), mai apropiate de tipul α. În orice caz asigurarea unui factor de geometrie cît mai mare este de dorit, deoarece o valoare mare a acestuia asigură calități înalte bobinei chiar și cînd nu este îndeplinită condiția $q_m \simeq \sqrt{N}$ (v. § 3). Studiind variația factorului de geometrie ν la un volum de cupru dat (tipul α), la variația rapoartelor $\frac{d}{b}$ și $\frac{h}{b}$ în jurul valorilor optime, se constată că pentru

$$0{,}5 \leqslant \frac{\frac{d}{b}}{\left(\frac{d}{b}\right)_{optim}} \leqslant 2$$

și

$$0{,}4 \leqslant \frac{\frac{h}{b}}{\left(\frac{h}{b}\right)_{optim}} \leqslant 2{,}5$$

valoarea factorului de geometrie este cuprinsă între limitele

$$0{,}75 \leqslant \frac{\nu}{\nu_{max}} \leqslant 1.$$

Acest fapt permite o elasticitate mai mare în alegerea formelor practice de bobine.

Se mai observă că cea mai mică abatere de la valoarea maximă a factorului de geometrie se obține în cazul cînd rapoartele $\frac{d}{b}$ și $\frac{h}{b}$ se abat în același sens de la valorile optime corespunzătoare. Astfel, dacă abaterile acestor rapoarte sînt egale și de același sens, scăderea factorului de geometrie nu întrece 8 % (în limitele de la 0,5 pînă la 2).

Ținînd seamă de cele arătate mai sus și de condițiile de realizare ale bobinelor cu miez de fier, se propun următoarele forme tip :

I. Bobină monofazată — miez de forma 2,
cu $\frac{d}{b} = 2$, $\frac{h}{b} = 3$

II. Bobină monofazată — miez de forma 3,
cu $\frac{d}{b} = 2$, $\frac{h}{b} = 3$

III. Bobină trifazată — miez de forma 5,
cu $\frac{d}{b} = 2$, $\frac{h}{b} = 3{,}5$

IV. Bobină trifazată — miez de forma 6,
cu $\frac{d}{b} = 2$, $\frac{h}{b} = 3{,}5$.

La aceste forme, scăderea factorului de geometrie — în raport cu factorul de geometrie maxim al tipului corespunzător, la o cantitate de cupru dată este respectiv de 5 %, 5,5 %, 2 % și 3,5 %.

7. Amplasarea întrefierurilor în raport cu bobinele

La deducerea minimului factorului de pierderi δ al unei bobine cu fier (§ 3) s-a presupus că raportul $N = \frac{R}{r}$ nu depinde de q_m — respectiv de modificarea întrefierurilor din circuitul magnetic. Acest lucru nu este exact, dar în anumite condiții se apropie foarte mult de realitate. Cum se va arăta, tocmai în condițiile în care N nu depinde de valoarea întrefierurilor sînt minime pierderile în fier, deci maximă valoarea lui R, respectiv N, și minimă valoarea factorului de pierderi δ.

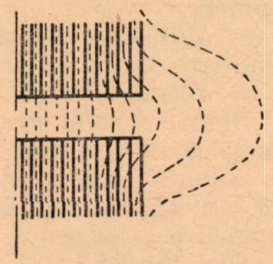


Fig. 8 Cîmpul în întrefierul unei bobine

Să considerăm un circuit magnetic făcut din tole. Dacă acest circuit magnetic nu conține întrefieruri, la un flux (sau inducție) în fier dat se pot calcula ușor pierderile în fier. Se consideră aceste pierderi ca *principale*. Dacă se practică într-o porțiune oarecare a circuitului magnetic un întrefier, în apropierea acestuia liniile de cîmp se dispersează (fig. 8), cîmpul devine neuniform și o parte din fluxul din circuitul magnetic străbate în sens transversal tolele miezului. Din acest motiv, pierderile Foucault în porțiunile circuitului magnetic din apropierea întrefierului cresc mult în comparație cu situația precedentă (întrefier nul), adică apar pierderi *suplimentare*.

Este de dorit deci a micșora cît mai mult aceste pierderi suplimentare, pentru a asigura o valoare mică a factorului de pierderi δ. Pierderile suplimentare sînt produse de componenta transversală a cîmpului și pentru a micșora pierderile suplimentare, trebuie asigurată o distribuție cît mai uniformă — longitudinală a cîmpului în miezul de fier. Pentru aceasta trebuie limitat spațiul în care pot apare componente transversale ale cîmpului și realizată o compensare cît mai exactă — în sens longitudinal-a forțelor magnetomotoare.

Limitarea spațiului în care pot apare componente transversale ale cîmpului se realizează prin îmbrăcarea întrefierurilor cu bobine. În acest fel în juguri nu apar cîmpuri transversale (dacă întrefierurile se practică în juguri, adică nu sînt îmbrăcate cu bobine, în întreg miezul apar componente transversale ale cîmpului).

Compensarea locală cît mai exactă, în sens longitudinal, a tensiunilor magnetomotoare se realizează prin îmbrăcarea întrefierurilor cu bobine și divizarea întrefierului total în mai multe întrefieruri elementare. La limită, cele mai bune rezultate s-ar obține cu un miez de fier avînd jugurile de reluctanță nulă, iar coloanele infinit divizate, avînd reluctanța egală cu reluctanța întrefierului total. Practic divizarea întrefierului nu se duce prea departe (întrefier elementar minim 2 mm). Amplasarea întrefierurilor se face simetric în raport cu mijlocul coloanei (fig. 9).

În acest fel se poate realiza o construcție de miez care să nu aibă pierderi suplimentare mai mari de la 10 pînă la 15 % din pierderile principale.

Mai trebue observat că o bobină lipită de coloană (la partea interioară) asigură de asemenea micșorarea pierderilor suplimentare.

Din cele arătate mai sus rezultă că forma de miez în manta (forma 4) și miezul cu bobină pe o singură coloană (forma 1) nu sînt practice, deoarece realizarea unui întrefier în coloană îmbrăcată de bobină, fără a realiza întrefieruri pe coloanele (sau coloana) laterale, este foarte dificilă, iar reglarea imposibilă.

Se mai observă că și întrefierurile țesute de la îmbinări, produc pierderi suplimentare și deci trebuie evitate pe cît

posibil. Acest lucru însă nu este posibil la miezurile de forma 1 şi 4, pe cînd la formele 2, 3, 5 şi 6 acest lucru este posibil — în special la dimensiuni mai mici, şi chiar avantajos din punct de vedere constructiv. La puteri mai mari cînd ştanţarea unor tole de forma miezului este dificilă, miezurile de formele 2, 3, 5 şi 6 se pot realiza prin îndoire.

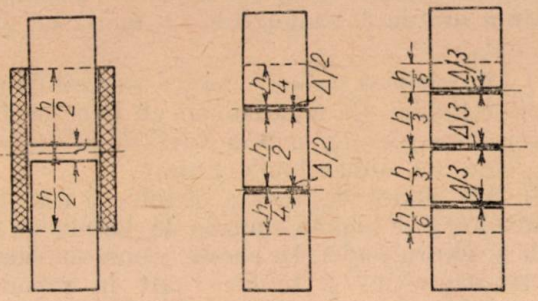


Fig. 9 Amploarea întrefierurilor

8. Consideraţii asupra solicitărilor electromagnetice

Pierderile în fierul şi cuprul bobinelor se pot exprima prin relaţiile:

$$P_{Fe} = p_0 B^2 V_{Fe} \gamma_{Fe}$$

$$P_{Cu} = \rho j^2 V_{Cu}$$

în ipoteza că inducţia este aceeaşi în tot miezul de fier. Din aceste relaţii rezultă că între densitatea de curent j din bobinaj şi inducţia maximă B din miez există relaţia:

$$j = B \sqrt{\frac{P_{Cu}}{P_{Fe}} \cdot \frac{p_0 \gamma_{Fe}}{\rho} \cdot \frac{V_{Fe}}{V_{Cu}}}.$$

S-a văzut că în cazul bobinelor cu factor de geometrie maxim, raportul $\frac{V_{Fe}}{V_{Cu}}$ este o constantă, care depinde numai de tipul bobinei, iar p_0, γ_{Fe} şi ρ fiind constante de material, se poate afirma că între solicitările electromagnetice specifice (j şi B) există o relaţie de forma:

$$j = K_0 B \sqrt{\frac{P_{Cu}}{P_{Fe}}}$$

unde K_0 este o constantă, care depinde de tipul bobinei şi de materialele utilizate. Se observă că raportul $\frac{V_{Fe}}{V_{Cu}}$ nu variază prea mult de la un tip de bobină la altul, deci nici K_0 nu depinde prea mult de tipul bobinei.

În cazul cînd este realizată condiţia de minim a factorului de pierderi, adică $q_m \simeq \sqrt{N}$, se poate arăta că pierderile în cupru sînt egale cu pierderile în fier $P_{Cu} = P_{Fe}$ şi deci între j şi B există o legătură unică, care nu totdeauna este satisfăcătoare. Se va calcula valoarea coeficientului mediu K pentru tipurile $\alpha - 2$, $\alpha - 3$, $\alpha - 5$, şi $\alpha - 6$, considerînd $k_{Fe} = 0{,}865$ $k_{Cu} = 0{,}3$ pentru miezurile de secţiune patrată (2 şi 5) şi $k_{Fe} = 0{,}8$ $k_{Cu} = 0{,}35$ pentru miezurile de secţiune circulară. Rezultă, în ordinea de mai sus:

$$\frac{V_{Fe}}{V_{Cu}} = 10{,}35 \div 9{,}6 \div 10{,}65 \div 10$$

iar în medie

$$\frac{V_{Fe}}{V_{Cu}} = 10{,}15.$$

Pentru oţelul electrotehnic E 4 A de 0,35 mm grosime $p_0 = 1{,}3$ W/kg la $B = 1$ Wb/m², iar $\gamma_{Fe} = 7{,}6 \cdot 10^3$ kg/m³. Considerînd rezistivitatea cuprului la cald $\rho \simeq 2{,}1 \cdot 10^{-8}\ \Omega$ m rezultă:

$$K_0 = \sqrt{\frac{p_0 \gamma_{Fe}}{\rho} \frac{V_{Fe}}{V_{Cu}}} = \sqrt{\frac{1{,}3 \cdot 7{,}6 \cdot 10^3}{2{,}1 \cdot 10^{-8}} 10{,}15} \approx$$

$$\approx 2{,}2 \cdot 10^6 \text{ A/Wb}.$$

Pentru formele practice de bobine cu miez de fier, propuse mai sus, în aceleaşi condiţii rezultă:

$$K_0 \simeq 1{,}65 \cdot 10^6 \text{ A/Wb} \qquad (\pm 7\ \%)$$

Se observă că la inducţiile de $B = 0{,}8$ pînă la 1,2 Wb/m², în cazul $P_{Cu} = P_{Fe}$, densitatea de curent j este de ordinul a 1,76 ÷ 2,64 A/mm² la formele cu factor de geometrie maxim şi 1,52 ÷ 1,98 A/mm² la formele practice propuse. Aceste densităţi de curent sînt obişnuite la bobinele cu răcire naturală în aer. Totuşi este interesant de ştiut cum variază factorul de pierderi, cînd se variază raportul dintre pierderile în cupru şi în fier.

Din circuitul echivalent al bobinei (§ 3) se deduce relaţia

$$\frac{P_{Cu}}{P_{Fe}} = \frac{r}{R} \frac{R^2 + X^2}{X^2} = \frac{1 + q_m^2}{N} \approx \frac{q_m^2}{N}.$$

Pe de altă parte dacă, se neglijează reactanţa de scăpări a bobinei, factorul de pierderi are expresia:

$$\delta = \frac{1 + \frac{N}{1 + q_m^2}}{\frac{q_m N}{1 + q_m^2}} \simeq \frac{1}{q_m} + \frac{q_m}{N} = \frac{1}{\sqrt{N}} \left(\frac{\sqrt{N}}{q_m} + \frac{q_m}{\sqrt{N}} \right) \simeq$$

$$\simeq \frac{\delta_{min}}{2} \left(\frac{\sqrt{N}}{q_m} + \frac{q_m}{\sqrt{N}} \right).$$

Ţinînd seamă de expresia raportului pierderilor, rezultă:

$$\delta = \frac{\delta_{min}}{2} \left(\sqrt{\frac{P_{Cu}}{P_{Fe}}} + \sqrt{\frac{P_{Fe}}{P_{Cu}}} \right) = \frac{\delta_{min}}{2} \left(\frac{j}{K_0 B} + \frac{K_0 B}{j} \right).$$

În jurul egalităţii pierderilor în fier şi în cupru ($P_{Cu} = P_{Fe}$), variaţiile factorului de pierderi sînt mici, ceea ce permite alegerea densităţii de curent dorite. Trebuie însă observat că şi puterea reactivă absorbită de bobină este legată de valoarea raportului pierderilor. Într-adevăr:

$$Q = \frac{P_{Cu} + P_{Fe}}{\delta} = \frac{2}{\delta_{min}} \frac{P_{Cu} + P_{Fe}}{\sqrt{\frac{P_{Cu}}{P_{Fe}}} + \sqrt{\frac{P_{Fe}}{P_{Cu}}}} =$$

$$= \frac{2}{\delta_{min}} \sqrt{P_{Cu} P_{Fe}} = \frac{2 P_{Fe}}{\delta_{min}} \sqrt{\frac{P_{Cu}}{P_{Fe}}} = Q_1 \sqrt{\frac{P_{Cu}}{P_{Fe}}}$$

unde $Q_1 = \frac{2 P_{Fe}}{\delta_{min}}$ este puterea reactivă a bobinei la δ_{min} ($P_{Cu} = P_{Fe}$).

Astfel se poate stabili şi o relaţie între factorul de pierderi şi puterea reactivă:

$$\delta = \frac{2}{\delta_{min}} \left(\frac{Q}{Q_1} + \frac{Q_1}{Q} \right)$$

care este utilă în cazul bobinelor cu reactanţă variabilă, utilizate în diferite încercări (sarcini inductive etc.). De obicei raportul $\frac{Q}{Q_1} = \sqrt{\frac{P_{Cu}}{P_{Fe}}} = \frac{j}{K_0 B}$ se limitează superior din

considerente de încălzire a bobinei (densitate de curent maximă).

Din cele de mai sus rezultă că bobinele cu miez de fier de formă optimă sau de formele practice propuse corespund și din punctul de vedere al solicitărilor electromagnetice. Observăm că pentru reactanțele variabile de laborator limita superioară a raportului $\frac{Q}{Q_1}$ este de cca. 2, ceea ce asigură un factor de pierderi mic la puterile reactive mari. Deci și din acest punct de vedere bobinele cu miez de fier studiate în această lucrare sînt avantajoase.

9. Concluzii

a) Din lucrare rezultă că pentru ca o bobină cu miez de fier să aibă factor de pierderi minim, întrefierul circuitului magnetic trebuie fixat la o anumită valoare — care asigură aproximativ egalitatea pierderilor în fier și în cupru. Sub altă formă, această condiție se poate prezenta astfel : valoarea reactanței bobinei să fie egală cu media geometrică a rezistenței bobinajului și a rezistenței echivalente pierderilor în fier.

b) Valoarea minimă a factorului de pierderi al unei bobine cu miez de fier depinde de caracteristicele materialelor active utilizate, de dimensiunile liniare și de geometria bobinei. Se observă că există o proporție optimă între diferitele dimensiuni ale bobinei, care asigură un consum minim de material la un factor de pierderi dat.

c) La mărimea proporțională a tuturor dimensiunilor liniare ale unei bobine cu miez de fier, factorul de pierderi minim variază invers proporțional cu dimensiunile liniare.

d) Din punct de vedere economic este mai avantajos a se adopta tipurile de bobine cu fier mult și cupru puțin. La aceste tipuri solicitările electromagnetice și termice sînt în raporturi favorabile, ceea ce face ca aceste soluții să corespundă și din punct de vedere tehnic.

Bibliografie

[1] Grower F. W. : *Inductance calculations.* Ediția II, D. van Nostrand, Co. New York. 1947

[2] Crowhurst M. H : *The design of high Q Iron Cored. Inductors.* Electronic Engng, (1953) 11. p. 478-482

Ecuațiile operaționale, în coordonatele vectorilor reprezentativi rezultanți, ale mașinii sincrone

Cgsr 160/65 LEFORDITVA

Fl. MANEA București*)

Regimurile tranzitorii ale mașinii sincrone formează de mult obiectul unor studii foarte detaliate. Apariția calculului operațional a permis aprofundarea acestor studii. In lucrare se obțin ecuații operaționale mari complete folosind transformata Laplace în anumite condiții inițiale nenule. Se folosește calculul matricial ca metodă de scriere și schimbare a coordonatelor.

CZ. 621. 313 32 : 517. 433

I. Introducere

Mașina sincronă, ca motor și mai ales ca cel mai important generator electric, a format încă de mult timp obiectul a numeroase studii ale diverselor sale regimuri de funcționare.

Pentru studiul regimurilor tranzitorii procedeele mai vechi se bazau pe teoria circuitului supraconductor [1], [2]. Folosirea calculului operațional al lui Heaviside a permis soluționarea mai exactă a diverse probleme ale regimurilor mașinilor electrice [3—7]. Aplicarea transformatei Laplace [8—12], mărește rigurozitatea și siguranța calculului operațional.

În lucrarea prezentă se va utiliza transformata Laplace în anumite condiții inițiale nenule pentru obținerea unor ecuații operaționale mai complete. Se va folosi calculul matricial ca metodă de scriere și schimbare a coordonatelor [13], [14].

Pentru studiul regimurilor tranzitorii simetrice se aleg în general coordonatele teoriei celor două reacții a lui Blondel, [3], [4], [6], [7], [8], [10], [15], iar pentru cele nesimetrice coordonatele fazelor mașinii trifazate [1], sau ale mașini bifazate echivalente [11], [16].

În cele ce urmează se utilizează coordonatele vectorilor reprezentativi de fluxuri, tensiuni și curenți [17] pentru deducerea ecuațiilor operaționale (relații între tensiuni, impedanțe operaționale și curenți) comode pentru studiul regimurilor simetrice cît și nesimetrice.

Ca exemple de aplicații se studiază regimurile electromagnetice tranzitorii de curenți la scurtcircuit trifazat și bifazat.

II. Ecuațiile mașinii sincrone

1. Relațiile dintre fluxurile și curenții mașinii date. Fluxurile magnetice (ψ) îmbrățișate respectiv de cele șase înfășurări ca funcții de inductanțele proprii L, mutuale M și curenții i pentru mașina ideală [2], [4], [15], schematizată în fig. 1 sînt date de ecuațiile (1) [9].

Indicii a, b, c, se referă la fazele statorului iar f, kd, kq la înfășurările de excitație, amortizoare longitudinale și transversale ale rotorului. Partea constantă a inductanței mutuale M_0

*) Ing. Florin Manea este asistent la Institutul Politehnic din București.

$$
\begin{vmatrix} \psi_a \\ \psi_b \\ \psi_c \\ \psi_f \\ \psi_{kd} \\ \psi_{kq} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} L_0+M_2\cos 2\theta & -M_0+M_2\cos(2\theta-\alpha) & -M_0+M_2\cos(2\theta+\alpha) & M_f\cos\theta & M_{kd}\cos\theta & -M_{kq}\sin\theta \\ -M_0+M_2\cos(2\theta-\alpha) & L_0+M_2\cos(2\theta+\alpha) & -M_0+M_2\cos(2\theta) & M_f\cos(\theta-\alpha) & M_{kd}\cos(\theta-\alpha) & -M_{kq}\sin(\theta-\alpha) \\ -M_0+M_2\cos(2\theta+\alpha) & -M_0+M_2\cos 2\theta & L_0+M_2\cos(2\theta-\alpha) & M_f\cos(\theta+\alpha) & M_{kd}\cos(\theta+\alpha) & -M_{kq}\sin(\theta+\alpha) \\ M_f\cos\theta & M_f\cos(\theta-\alpha) & M_f\cos(\theta+\alpha) & L_f & M_{fkd} & \\ M_{kd}\cos\theta & M_{kd}\cos(\theta-\alpha) & M_{kd}\cos(\theta+\alpha) & M_{kdf} & L_{kd} & \\ -M_{kq}\sin\theta & -M_{kq}\sin(\theta-\alpha) & -M_{kq}\sin(\theta+\alpha) & & & L_{kq} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \\ i_f \\ i_{kd} \\ i_{kq} \end{vmatrix} \quad (1)
$$

dintre înfășurările statorului are semnul minus în față deoarece datorită așezării spațiale flu-

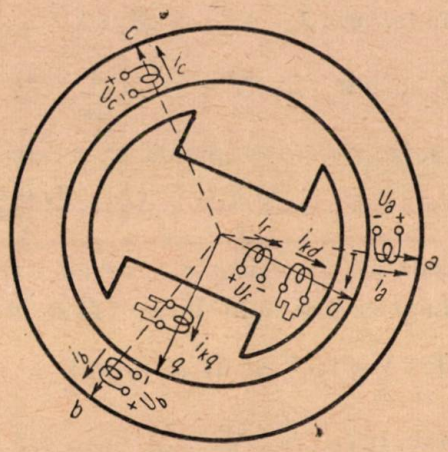


Fig. 1

xurile mutuale au sensul contrar celui pozitiv propriu.

Viteza de rotație ω a mașinii fiind constantă, s-a notat $\theta = \omega t + \theta_0$; unghiul $\alpha = 2\frac{\pi}{3}$.

Sistemul (1), în scriere matricială $||\psi|| = ||L||.||i||$, nefiind suficient de comod pentru studiul mașinii sincrone este preferabilă o schimbare a variabilelor. Fluxurile, curenții și tensiunile rotorice le vom lăsa netransformate; cele statorice le vom transforma în coordonatele vectorilor rezultanți reprezentativi. Transformarea aceasta rezultă în mod necesar, în vederea simplificării ecuațiilor operaționale ale mașinii, ca o simplă notație a unor termeni ce intervin în ecuațiile operaționale complicate dacă se păstrează coordonatele fazelor [11].

2. Relațiile dintre fluxurile și curenții mașinii transformate. Se adoptă pentru fluxurile statorice schimbarea de variabile dată de sistemul (2):

$$
\begin{vmatrix} \psi_a \\ \psi_b \\ \psi_o \end{vmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ a^2 & a & 1 \\ a & a^2 & 1 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \psi^+ \\ \psi^- \\ \psi^\circ \end{vmatrix} \quad (2)
$$

S-a notat prin a și a^2 operatorii de rotație în planul complex, respectiv $e^{j\frac{2\pi}{3}}$ și $e^{-j\frac{2\pi}{3}}$ folosiți în teoria coordonatelor simetrice.

Noile variabile $\psi^+, \psi^-, \psi^\circ$ deși cantități complexe nu reprezintă componente simetrice deoarece fluxurile fazelor ψ_a, ψ_b, ψ_c nu sînt vectori (în planul complex) ci valori instantanee ca funcții de timp. Fluxurile fazelor avînd repartiția sinusoidală în întrefier, au proprietăți vectoriale în spațiu [12], [17],[18]. De aceea ψ^+, este vectorul reprezentativ al fluxului rezultant [17], determinat de curenții din înfășurările statorice și rotorice, iar ψ^- conjugatul complex al acestuia.

Aceste coordonate nu reprezintă deci componentele lui Stocvis-Fortesque așa cum sînt interpretate uneori [5], [19], [20].

Factorul $\frac{1}{\sqrt{3}}$ s-a ales pentru „normarea" matricei de conexiune (energia și puterea exprimate în noile coordonate nu vor conține factori numerici suplimentari).

Adoptînd pentru curenți și tensiuni aceeași matrice de conexiune, posibil numai dacă aceasta este o matrice „unitară" adică produsul dintre aceasta și transpusa conjugată (adjunctă) a sa este un număr [17], relațiile dintre noile variabile rezultă conform sistemului (3).

Sistemul (3) este evident mai simplu decît (1). Simplificarea importantă ce se va obține, față de utilizarea coordonatelor fazelor, va fi însă la scrierea ecuațiilor operaționale.

$$
\begin{vmatrix} \psi^+ \\ \psi^- \\ \psi^\circ \\ \psi_f \\ \psi_{kd} \\ \psi_{kq} \end{vmatrix} =
\begin{vmatrix}
L_0 + M_0 & \frac{3}{2} M_2 \cdot e^{2j\theta} & & \frac{\sqrt{3}}{2} M_f \cdot e^{j\theta} & \frac{\sqrt{3}}{2} M_{kd} \cdot e^{j\theta} & j \frac{\sqrt{3}}{2} M_{kq} \cdot e^{j\theta} \\
\frac{3}{2} M_2 \cdot e^{-2j\theta} & L_0 + M_0 & & \frac{\sqrt{3}}{2} M_f \cdot e^{-j\theta} & \frac{\sqrt{3}}{2} M_{kd} \cdot e^{-j\theta} & -j \frac{\sqrt{3}}{2} M_{kq} \cdot e^{-j\theta} \\
 & & L_0 - 2 M_0 & & & \\
\frac{\sqrt{3}}{2} M_f \cdot e^{-j\theta} & \frac{\sqrt{3}}{2} M_f \cdot e^{j\theta} & & L_f & M_{fkd} & \\
\frac{\sqrt{3}}{2} M_{kd} \cdot e^{-j\theta} & \frac{\sqrt{3}}{2} M_{kd} \cdot e^{j\theta} & & M_{kdf} & L_{kd} & \\
-j \frac{\sqrt{3}}{2} M_{kq} \cdot e^{-j\theta} & j \frac{\sqrt{3}}{2} M_{kq} \cdot e^{j\theta} & & & & L_{kd}
\end{vmatrix} \cdot
\begin{vmatrix} i^+ \\ i^- \\ i^\circ \\ i_f \\ i_{kd} \\ i_{kq} \end{vmatrix} \qquad (3)
$$

3. Ecuațiile diferențiale de tensiuni ale mașinii transformate. Notînd prin $||V||$ matricea tensiunilor aplicate și prin $||R||$ matricea rezistențelor putem scrie :

$$||V|| = ||R|| \cdot ||i|| + \frac{d}{dt} ||\psi|| =$$

$$= ||R + \omega \frac{dL}{d\theta} + LD|| \cdot ||i||$$

Dacă se adoptă și pentru tensiuni aceeași matrice de conexiune (ca pentru fluxuri și curenți) ecuațiile diferențiale ale motorului sincron rezultă conform sistemului (4) :

S-a notat prin $L_m = L_0 + M_0$; $\Delta L = \frac{3}{2} M_2$; $L^\circ = L_0 - 2M_0$; $\omega = \frac{d\theta}{dt}$; $D = \frac{d}{dt}$. În funcție de inductanțele, longitudinală L_d și transversală L_q, avem : $L_m = \frac{L_d + L_q}{2}$ și $\Delta L = \frac{L_d - L_q}{2}$.

4. Ecuațiile operaționale. Aplicînd transformata Laplace sistemului liniar (4) se utilizează notațiile : $\int_0^\infty e^{-pt} \cdot V(t)\, dt = V(p)$;

$$\int_0^\infty e^{-pt \mp j\omega t} \cdot D \cdot i(t)\, dt = (p \pm j\omega) \cdot i(p \pm j\omega) - i(0);$$

$$\int_0^\infty e^{-pt \pm j\omega t} \cdot (D \mp j\omega) \cdot i(t) \cdot dt = p \cdot i(p \pm j\omega) - i(0).$$

$$
\begin{vmatrix} V^+ \\ V^- \\ V^\circ \\ V_f \\ \\ \end{vmatrix} =
\begin{vmatrix}
R + L_m \cdot D & \Delta L e^{2j\theta} (D + 2j\omega) & & \frac{\sqrt{3}}{2} M_f \cdot e^{j\theta} \cdot (D + j\omega) & \frac{\sqrt{3}}{2} M_{kd} \cdot e^{j\theta} (D + j\omega) & j \frac{\sqrt{3}}{2} M_{kq} \cdot e^{j\theta} (D + j\omega) \\
\Delta L \cdot e^{-2j\theta} (D - 2j\omega) & R + L_m \cdot D & & \frac{\sqrt{3}}{2} M_f \cdot e^{-j\theta} \cdot (D - j\omega) & \frac{\sqrt{3}}{2} M_{kd} \cdot e^{-j\theta} (D - j\omega) & -j \frac{\sqrt{3}}{2} M_{kq} \cdot e^{-j\theta} (D - j\omega) \\
 & & R + L^\circ \cdot D & & & \\
\frac{\sqrt{3}}{2} M_f \cdot e^{-j\theta} (D - j\omega) & \frac{\sqrt{3}}{2} M_f e^{j\theta} \cdot (D + j\omega) & & R_f + L_f \cdot D & M_{fkd} \cdot D & \\
\frac{\sqrt{3}}{2} M_{kd} \cdot e^{-j\theta} \cdot (D - j\omega) & \frac{\sqrt{3}}{2} M_{kd} \cdot e^{j\theta} (D + j\omega) & & M_{kdf} \cdot D & R_{kd} + L_{kd} \cdot D & \\
-j \frac{\sqrt{3}}{2} M_{kq} \cdot e^{-j\theta} (D - j\omega) & j \frac{\sqrt{3}}{2} M_{kq} \cdot e^{j\theta} (D + j\omega) & & & & R_{kq} + L_{kq} \cdot D
\end{vmatrix} \cdot
\begin{vmatrix} i^+ \\ i^- \\ i^\circ \\ i_f \\ i_{kd} \\ i_{kq} \end{vmatrix} \qquad (4)
$$

În condiții inițiale de curenți statorici și în amortizori nuli, ecuațiile diferențiale (4) se transformă în ecuațiile operaționale (5) :

$$\begin{vmatrix} V^+(p) - E_0^+(p) \\ V^-(p-2j\omega) - E_0^-(p-2j\omega) \\ V^\circ(p) \\ \Delta V_f(p-j\omega) \\ \\ \\ \end{vmatrix} =$$

S-a notat : $E_0^+(p) = \frac{\sqrt{3}}{2} M_f \cdot i_{f0} \cdot \frac{j\omega}{p-j\omega} e^{j\theta_0}$;

$$E_0^-(p-2j\omega) = -\frac{\sqrt{3}}{2} \frac{M_f\, i_{f0}\, j\omega}{p-j\omega} e^{-j\theta_0} ;$$

$\Delta V_f(p)$ și $\Delta i_f(p)$, reprezintă variațiile tensiunii electromotoare respectiv ale curentului de excitație față de valoarea inițială, $V_{f0} = R_f \cdot i_{f0}$ și i_{f0}, datorite acțiunii reglajului.

$$= \begin{vmatrix} R + L_m \cdot p & \Delta L \cdot e^{2j\theta_0} p & & \frac{\sqrt{3}}{2} M_f \cdot e^{j\theta_0} \cdot p & \frac{\sqrt{3}}{2} M_{kd} \cdot e^{j\theta_0} \cdot p & j\frac{\sqrt{3}}{2} M_{kq} \cdot e^{j\theta_0} \cdot p \\ \Delta L \cdot e^{-2j\theta_0}(p-2j\omega) & R + L_m \cdot (p-2j\omega) & & \frac{\sqrt{3}}{2} M_f \cdot e^{-j\theta_0}(p-2j\omega) & \frac{\sqrt{3}}{2} M_{kd} \cdot e^{-j\theta_0} \cdot (p-2j\omega) & -j\frac{\sqrt{3}}{2} M_{kq} \cdot e^{-j\theta_0} \cdot (p-2j\omega) \\ & & R + L^\circ \cdot p & & & \\ \frac{\sqrt{3}}{2} M_f \cdot e^{-j\theta_0} \cdot (p-j\omega) & \frac{\sqrt{3}}{2} M_f \cdot e^{j\theta_0} \cdot (p-j\omega) & & R_f + L_f(p-j\omega) & M_{fkd} \cdot (p-j\omega) & \\ \frac{\sqrt{3}}{2} M_{kd} \cdot e^{-j\theta_0} \cdot (p-j\omega) & \frac{\sqrt{3}}{2} M_{kd} \cdot e^{j\theta_0} \cdot (p-j\omega) & & M_{kdf}(p-j\omega) & R_{kd} + L_{kd} \cdot (p-j\omega) & \\ -j\frac{\sqrt{3}}{2} M_{kq} \cdot e^{-j\theta_0} \cdot (p-j\omega) & j\frac{\sqrt{3}}{2} M_{kq} \cdot e^{j\theta_0} \cdot (p-j\omega) & & & & R_{kq} + L_{kq}(p-j\omega) \end{vmatrix} \cdot$$

$$\cdot \begin{vmatrix} i^+(p) \\ i^-(p-2j\omega) \\ i^\circ(p) \\ \Delta i_f(p-j\omega) \\ i_{kd}(p-j\omega) \\ i_{kq}(p-j\omega) \end{vmatrix} \quad (5)$$

Dacă se elimină curenții rotorici și apoi se face substituția $p \to p + j\omega$ se obține, pentru funcționarea ca generator, sistemul (6) :

$$\begin{vmatrix} \Delta V_f(p) \cdot (p+j\omega) \cdot G_f(p) + [E_0^+(p+j\omega) - V^+(p+j\omega)] \cdot e^{-j\theta_0} \\ \Delta V_f(p) \cdot (p-j\omega) \cdot G_f(p) + [E_0^-(p-j\omega) - V^-(p-j\omega)] \cdot e^{j\theta_0} \end{vmatrix} =$$

$$= \begin{vmatrix} [R + (p+j\omega) \cdot L_m(p)] \cdot e^{-j\theta_0} & (p+j\omega) \cdot \Delta L(p) \cdot e^{j\theta_0} \\ (p-j\omega) \cdot \Delta L(p) \cdot e^{-j\theta_0} & [R + (p-j\omega) L_m)] \cdot e^{j\theta_0} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} i^+(p+j\omega) \\ i^-(p-j\omega) \end{vmatrix} \quad (6)$$

$$-V^0(p+j\omega) = [R + (p+j\omega) L^0]\, i^0(p+j\omega)$$

(1) S-a notat : $L_m(p) = \frac{L_d(p) + L_q(p)}{2}$; $\Delta L(p) = \frac{L_d(p) - L_q(p)}{2}$

(2) În ipoteza, admisă în general, $\sqrt{\frac{3}{2}} M_{kd} = \sqrt{\frac{3}{2}} M_f = M_{fkd} = M_{kdf} = M_d$,

avem :

$$L_d(p)=Ld\,\frac{1+\left[\frac{L_{kd}}{R_{kd}}\left(1-\frac{M_d^2}{L_{kd}\cdot L_d}\right)+\frac{L_f}{R_f}\left(1-\frac{M_d^2}{L_f\cdot L_d}\right)\right]p+\left[\left(1-\frac{M_d^2}{L_f\cdot L_d}\right)\left(1-\frac{M_d^2}{L_{kd}\cdot L_d}\right)-\frac{M_d^2}{L_f\cdot L_{kd}}\left(1+\frac{M_d}{L_d}\right)^2\right]\frac{L_f\cdot L_{kd}}{R_f\cdot R_{kd}}\cdot p^2}{1+\left(\frac{L_f}{R_f}+\frac{L_{kd}}{R_{kd}}\right)p+\left(1-\frac{M_d^2}{L_f\cdot L_{kd}}\right)\cdot\frac{L_f\cdot L_{kd}}{R_f\cdot R_{kd}}\cdot p^2}=$$

$$=L_d\cdot\frac{1+(T_f'+T_{kd}')\,p+T_f'\cdot T_{kd}'\cdot\sigma'\cdot p^2}{1+(T_f+T_{kd})\,p+T_f\cdot T_{kd}\cdot\sigma\cdot p^2}=L_d\cdot\frac{(1+T_d'\cdot p)(1+T_d''\cdot p)}{(1+T_{d0}'\cdot p)(1+T_{d0}''\cdot p)}$$

$$L_q(p)=L_q\,\frac{1+\left(1-\frac{M_q^2}{L_{kq}\cdot L_q}\right)\frac{L_{kq}}{R_{kq}}\cdot p}{1+\frac{L_{kq}}{R_{kq}}\,p}=L_q\,\frac{1+T_q'\cdot p}{1+T_q\cdot p}$$

$$G_f(p)=\frac{\sqrt{3}}{2}\,\frac{M_f}{R_f}\,\frac{1+\frac{L_{kd}-M_d}{R_{kd}}\,p}{1+\left(\frac{L_f}{R_f}+\frac{L_{kd}}{R_{kd}}\right)p+\left(1-\frac{M_d^2}{L_f\cdot L_{kd}}\right)\frac{L_f\cdot L_{kd}}{R_f\cdot R_{kd}}\cdot p^2}=$$

$$=\frac{\sqrt{3}}{2}\,\frac{M_f}{R_f}\cdot\frac{1+p\cdot\tau_{kd}'}{(1+T_{d_0}'\cdot p)(1+T_{d0}''\cdot p)}\,.$$

Ecuațiile (6) reprezintă relații explicite între tensiuni și curenți. Ele pot fi utilizate în rezolvarea oricărei probleme de regim electromagnetic permanent sau tranzitoriu al mașinii sincrone, reprezentînd expresii mai simple decît cele rezultate în coordonatele fazelor mașinii trifazate sau bifazate echivalente [11], [16].

III. Exemple de aplicații

1. Scurtcircuit trifazat la borne. Dacă tensiunea aplicată înfășurării de excitație este constantă, ecuațiile (6) ale generatorului sincron, substituind $p \to p - j\omega$ devin (7) :

$$\begin{vmatrix} E_0^+(p)-V^+(p) \\ E_0^-(p-2j\omega)-V^-(p-2j\omega) \end{vmatrix}=\begin{vmatrix} R+pL_m(p-j\omega) & p\,\Delta L\,(p-j\omega)\,e^{2j\theta_0} \\ (p-2j\omega)\cdot\Delta L\,(p-j\omega)\cdot e^{-2j\theta_0} & R+(p-2j\omega)\cdot L_m(p-j\omega) \end{vmatrix}\cdot\begin{vmatrix} i^+(p) \\ i^-(p-2j\omega) \end{vmatrix} \quad (7)$$

$$-V^\circ(p)=(R+pL^\circ)\,.\,i^\circ(p)$$

Pentru scurtcircuit trifazat la borne, $V^+(p)=V^-(p-2j\omega)=0$, eliminînd $i^-(p-2j\omega)$ se obține, dacă se neglijează rezistența statorului, (8) :

$$i^+(p)=\frac{E_0^+(p)}{2\cdot p}\left[\frac{1}{L_d(p-j\omega)}+\frac{1}{L_q(p-j\omega)}\right]+$$

$$+\frac{E_0^-(p-2j\omega)\cdot e^{2j\theta_0}}{2\cdot(p-2j\omega)}\left[\frac{1}{L_d(p-j\omega)}-\frac{1}{L_q(p-j\omega)}\right]. \quad (8)$$

În ipoteza practic admisă , [12], [21], [22], [23], [24], a relațiilor dintre constantele de timp și inductanțe ; $T_d'=T_{d_0}'\frac{L_d'}{L_d}$; $T_d''=T_{d_0}''\frac{L_d''}{L_d'}$;

$T_q'=T_q\cdot\frac{L_q'}{L_q}$ dacă aproximăm :

$\frac{T_d'-T_{d_0}''}{T_d'-T_{d_0}''}\simeq 1$, $\frac{T_d''-T_{d_0}'}{T_d''-T_d'}\simeq\frac{T_{d_0}}{T_d'}$, admitanțele operaționale se pot descompune în fracții simple precum urmează :

$$\frac{1}{p\cdot L_d(p)}=\frac{1}{pL_d}+\left(\frac{1}{L_d'}-\frac{1}{L_d}\right)\cdot\frac{T_d'}{1+T_d'\cdot p}+$$

$$+\left(\frac{1}{L_d''}-\frac{1}{L_d'}\right)\frac{T_d''}{1+T_d''\cdot p}$$

$$\frac{1}{p\cdot L_q(p)}=\frac{1}{pL_q}+\left(\frac{1}{L_q'}-\frac{1}{L_q}\right)\frac{T_q'}{1+T_q'\cdot p}\,.$$

Cu acestea expresia (8) devine (9) :

Dacă se neglijează $\frac{1}{T_d'}$ și $\frac{1}{T_d''}$ în comparație cu $j\omega$ în valorile impedanțelor la trecerea la funcția

$$i^+(p)=\frac{E_0^+(p)\cdot(p-j\omega)}{2\cdot p}\left[\frac{1}{(p-j\omega)L_d}+\frac{T_d'}{1+T_d'\cdot(p-j\omega)}\left(\frac{1}{L_d'}-\frac{1}{L_d}\right)+\frac{T_d''}{1+T_d''\cdot(p-j\omega)}\left(\frac{1}{L_d''}-\frac{1}{L_d'}\right)+\frac{1}{(p-j\omega).L_q}+\right.$$

$$\left.+\frac{T_q'}{1+T_q'(p-j\omega)}\left(\frac{1}{L_q'}-\frac{1}{L_q}\right)\right]+\frac{E_0^-(p-2j\omega)\cdot e^{2j\theta_0}(p-j\omega)}{2\,(p-2j\omega)}\left[\frac{1}{(p-j\omega)\,L_d}+\frac{T_d'}{1+T_d'(p-j\omega)}\left(\frac{1}{L_d'}-\frac{1}{L_d}\right)+\right.$$

$$\left.+\frac{T_d''}{1+T_d''(p-j\omega)}\cdot\left(\frac{1}{L_d''}-\frac{1}{L_d'}\right)-\frac{1}{(p-j\omega)L_q}-\frac{T_q'}{1+T_q'(p-j\omega)}\left(\frac{1}{L_q'}-\frac{1}{L_q}\right)\right]. \quad (9)$$

de timp (original) și se reține $\frac{2}{\sqrt{3}}$ din partea reală conform relației, $i_a = \frac{i^+ + i^-}{\sqrt{3}} = \frac{i^- + (i^+)^*}{\sqrt{3}} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \mathcal{R}e\ (i^+)$, obținem următoarea expresie a curentului fazei a, (10):

Tensiunile aplicate, $E_0^+(p) \equiv \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{M_f \cdot j\omega i_{f_0}}{p - j\omega} \cdot e^{j\theta_0}$ și $E_0^-(p) = -\frac{\sqrt{3}}{2} \frac{M_f \cdot j\omega \cdot i_{f_0} \cdot e^{-j\theta_0}}{p + j\omega}$ având polii, $p = \pm j\omega$, vor genera curenți permanenți de frecvență impară.

$$i_a = V_0 \left\{ \left[\frac{1}{x_d} + \left(\frac{1}{x'_d} - \frac{1}{x_d} \right) e^{-\frac{t}{T'_d}} + \left(\frac{1}{x''_d} - \frac{1}{x'_d} \right) e^{-\frac{t}{T''_d}} \right] \cos(\omega t + \theta_0) + \right.$$

$$\left. - \frac{1}{2} \cdot e^{-\frac{t}{T_a}} \left[\left(\frac{1}{x''_d} + \frac{1}{x'_q} \right) \cos \theta_0 + \left(\frac{1}{x''_d} - \frac{1}{x'_q} \right) \cos(2\omega t + \theta_0) \right] \right\}. \qquad (10)$$

S-a notat prin $V_0 = M_f \cdot \omega \cdot i_{f0}$ tensiunea de mers în gol, iar prin $T_a = \frac{L''_d L'_q}{R(L''_d + L'_q)}$, constanta de timp a componentei aperiodice.

Expresiile celorlalți curenți, se obțin acum fără nici o dificultate.

2. **Scurtcircuit bifazat la borne.** Considerînd un scurtcircuit între fazele b și c, ca și în cazul componentelor simetrice, vom avea condițiile suplimentare (11):

$$\begin{aligned} V^+(p) &= V^-(p) \\ i^+(p) &= -i^-(p) \\ V^\circ(p) &= i^\circ(p) = 0 \end{aligned} \qquad (11)$$

Vom utiliza ecuațiile operaționale ale mașinii sincrone scrise sub forma (12):

Vom încerca o soluție de forma,

$$i^+(p) = \sum_{-\infty}^{+\infty} \frac{I_k}{p - j k\omega}.$$

Substituind $i^+(p)$,

$i^+(p - 2j\omega) = \sum_{-\infty}^{+\infty} \frac{I_k}{p - 2j\omega - jk\omega} = \sum_{-\infty}^{+\infty} \frac{I_{k-2}}{p - jk\omega}$ și $i^+(p + 2j\omega) = \sum_{-\infty}^{+\infty} \frac{I_{k+2}}{p + jk\omega}$ în ecuația (13), se obține identitatea (14):

Dacă se multiplică ambii membrii ai identității (14) cu $p \mp jk\omega$ și se substituie apoi $p = \pm jk\omega$, pentru $k = 1, 3, 5 \ldots \infty$, vor rezulta ecuațiile necesare determinării amplitudinilor armonicilor de curenți.

Ținînd seama de expresiile inductanțelor operaționale, în care se substituie succesiv valorile

$$\begin{aligned} E_0^+(p) - V^+(p) &= [R + p L_m(p - j\omega)] \cdot i^+(p) + p\, \Delta L(p - j\omega)\, e^{2j\theta_0} \cdot i^-(p - 2j\omega) \\ E_0^-(p) - V^-(p) &= p \cdot \Delta L(p + j\omega) \cdot e^{-2j\theta_0} \cdot i^+(p + 2j\omega) + [R + p L_m(p + j\omega)] \cdot i^-(p). \end{aligned} \qquad (12)$$

Ținînd seama de condițiile (11), pentru rezistență statorică nulă, se obține (13):

$$\begin{aligned} E_0^+(p) - E_0^-(p) = p\, [L_m(p - j\omega) + L_m(p + j\omega)] \cdot \\ \cdot i^+(p) - p\, \Delta L(p - j\omega) \cdot e^{2j\theta_0} \cdot i^+(p - 2j\omega) - \\ - p\, \Delta L(p + j\omega) \cdot e^{-2j\theta_0} \cdot i^+(p + 2j\omega) \end{aligned} \qquad (13)$$

Ecuația (13) este o ecuație cu diferențe finite, de ordinul doi, neomogenă [25].

polilor corespunzători, adică $L_m(0) = \frac{L_d + L_q}{2}$, $\Delta L(o) = \frac{L_d - L_q}{2}$, $L_m(\pm jk\omega) \simeq L''_m = \frac{L''_d + L'_q}{2}$ $\Delta L(+jk\omega) \simeq \Delta L'' = \frac{L''_d - L''_q}{2}$ se obțin sistemele de ecuații (15) și (16):

$$\frac{\sqrt{3}}{2} j\omega M_f \cdot i_{f_0} \left(\frac{e^{j\theta_0}}{p - j\omega} + \frac{e^{-j\theta_0}}{p + j\omega} \right) = p\, [L_m(p + j\omega) + L_m(p - j\omega)] \sum_1^\infty \left(\frac{I_k}{p - j\omega k} + \frac{I_{-k}}{p + j\omega k} \right) +$$

$$- p\, \Delta L(p - j\omega) e^{2j\theta_0} \cdot \sum_1^\infty \left(\frac{I_{k-2}}{p - jk\omega} + \frac{I_{-k-2}}{p + jk\omega} \right) - p\, \Delta L(p + j\omega) \cdot e^{-2j\theta_0} \cdot \sum_1^\infty \left(\frac{I_{k+2}}{p - jk\omega} + \frac{I_{-k+2}}{p + jk\omega} \right) \qquad (14)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{\sqrt{3}}{2} M_f \cdot i_{f_0} \cdot e^{j\theta_0} &= (L_m + L''_m) I_1 - \Delta L\, e^{2j\theta_0} \cdot I_{-1} - \Delta L'' \cdot e^{-2j\theta_0} \cdot I_3 \\ -\frac{\sqrt{3}}{2} M_f \cdot i_{f_0} e^{-j\theta_0} &= (L_m + L''_m) \cdot I_{-1} - \Delta L'' \cdot e^{2j\theta_0} \cdot I_{-3} - \Delta L \cdot e^{-2j\theta_0} \cdot I_1 \end{aligned} \right| \quad \text{pentru } k = 1 \qquad (15)$$

$$\left. \begin{aligned} 2L''_m \cdot I_k - \Delta L'' e^{2j\theta_0} \cdot I_{k-2} - \Delta L'' \cdot e^{-2j\theta_0} \cdot I_{k+2} &= 0 \\ 2L''_m \cdot I_{-k} - \Delta L'' e^{2j\theta_0} \cdot I_{-k-2} - \Delta L'' \cdot e^{-2j\theta_0} \cdot I_{-k+2} &= 0 \end{aligned} \right| \quad \text{pentru } k \geqslant 2 \qquad (16)$$

Conform teoremei lui Poincaré din teoria ecuațiilor cu diferențe finite [25], liniare și omogene, raportul a două funcții consecutive (soluție) este dat de o rădăcină a ecuației caracteristice.

Pentru sistemul (16), ecuația caracteristică $\lambda^2 - 2\frac{L''_m}{\Delta L''} e^{\pm 2j\theta_0}\lambda + e^{\pm 4j\theta_0} = 0$ are ca rădăcini,

$$\lambda_{1,2} = \left[\frac{L''_m}{\Delta L''} \pm \sqrt{\left(\frac{L''_m}{\Delta L''}\right)^2 - 1}\right] \cdot e^{\pm 2j\theta_0} =$$

$$= \frac{\sqrt{L''_d} \mp \sqrt{L''_q}}{\sqrt{L''_d} \pm \sqrt{L''_q}} e^{\pm 2j\theta_0}.$$

În consecință vom avea :

$$\frac{I_k}{I_{k-2}} = \frac{I_{k+2}}{I_k} = -b \cdot e^{2j\theta_0} \text{ și}$$

$$\frac{I_{-k}}{I_{-k+2}} = \frac{I_{-k-2}}{I_{-k}} = -b \cdot e^{-2j\theta_0}.$$

S-a notat prin b, valoarea subunitară,

$$b = \frac{\sqrt{L''_q} - \sqrt{L''_d}}{\sqrt{L''_q} + \sqrt{L''_d}}.$$

Notînd prin $\rho = \frac{L''_m}{\Delta L''}$, dacă se rezolvă prin aproximații succesive, sistemul (16) are următoarea soluție (fracție „lanț" infinită) :

$$I'_k = \left(2\rho - \cfrac{1}{2\rho - \cfrac{1}{2\rho - \cfrac{1}{\ddots}}}\right) \cdot I'_{k+2} \cdot e^{-2j\theta_0}$$

Se observă că avem,

$$\rho + \sqrt{\rho^2 - 1} = 2\rho + \sqrt{\rho^2 - 1} - \rho =$$

$$= 2\rho - \frac{1}{\rho + \sqrt{\rho^2 - 1}} = 2\rho - \cfrac{1}{2\rho - \cfrac{1}{\ddots}}.$$

Se poate obține deci și pe această cale elementară, același rezultat.

Pentru $k = 3$, avem :

$$I_3 = -I_1 \cdot b \cdot e^{2j\theta_0}, \quad I_{-3} = -I_{-1} \cdot b \cdot e^{-2j\theta_0}.$$

Cu aceastea, din sistemul (15) se obține (17) :

$$I_1 = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{i_{f_0} \cdot M_f \cdot e^{j\theta_0}}{L_d + \sqrt{L''_d L''_q}}$$

$$I_{-1} = \frac{-\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot i_{f_0} M_f \cdot e^{-j\theta_0}}{L_d + \sqrt{L''_d L''_q}} \qquad (17)$$

Rezultă în consecință curentul reprezentativ permanent (18)

$$i^+(p) = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} i_{f_0} M_f}{L_d + \sqrt{L''_d L''_q}} \sum_{\nu=0}^{\infty} (-b)^{2\nu+1} \left(\frac{e^{j\theta_0(2\nu+1)}}{p - j(2\nu+1)\omega} - \right.$$

$$\left. - \frac{e^{-j\theta_0(2\nu+1)}}{p + j(2\nu+1)\omega}\right) \qquad (18)$$

$$i^+(t) =$$

$$= j \frac{\sqrt{3} i_{f_0} M_f}{L_d + \sqrt{L''_d L''_q}} \sum_{\nu=0}^{\infty} (-b)^{2\nu+1} \cdot \sin(2\nu+1)(\omega t + \theta_0)$$

Curenții tranzitorii se determină în mod analog, considerînd $L_m(o) = \frac{L'_d + L'_q}{2}$ și $\Delta L(o) = \frac{L'_d - L'_q}{2}$. Rezultă în consecință (19) :

$$i^+(t)' =$$

$$= j \frac{\sqrt{3} i_{f_0} \cdot M_f}{L'_d + \sqrt{L''_d L''_q}} \sum_{\nu=0}^{\infty} (-b)^{2\nu+1} \cdot \sin(2\nu+1)(\omega t + \theta_0) \qquad (19)$$

Curenții supratranzitorii, în mod asemănător, rezultă conform expresiei (20) :

$$i^+(t)'' =$$

$$= j \frac{\sqrt{3} i_{f_0} M_f}{L''_d + \sqrt{L''_d L''_q}} \sum_{\nu=0}^{\infty} (-b)^{2\nu+1} \cdot \sin(2\nu+1)(\omega t + \theta_0) \qquad (20)$$

Spre deosebire de componentele permanente, componentele tranzitorii $\Delta i^+(t)' = i^+(t)' - i^+(t)$ și supratranzitorii $\Delta i^+(t)'' = i^+(t)'' - i^+(t)'$ se vor amortiza, avînd constantele de timp respective, Td'_2 și Td''_2.

Observînd valorile inductanțelor ce intervin în expresiile curenților de scurtcircuit bifazat, prin analogie cu cele de la scurtcircuitul trifazat, vom avea :

$$T_{d'_2} = T_{d'_0} \frac{L'_d + \sqrt{L''_d L''_q}}{L_d + \sqrt{L''_d L''_q}} \text{ și}$$

$$T''_{d_2} = T_{d''_0} \frac{L''_d + \sqrt{L''_d L''_q}}{L'_d + \sqrt{L''_d L''_q}}.$$

Curenții aperiodici și tranzitorii de frecvențe pare se datoresc polilor $p \simeq p + \alpha_a = 0$ și sînt de forma (21)

$$i_a^+(p) = \sum_{-\infty}^{+\infty} \frac{I_k^a}{p + \alpha_a - jk\omega} \simeq \sum_{-\infty}^{+} \frac{I_k^a}{p - j\,k\omega}. \qquad (21)$$

Substituind în ecuația (13) se obține în mod analog identitatea (22):

$$\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{i_{f_0} M_f . j\omega}{p}\left[\frac{e^{j\theta_0}}{p-j\omega}+\frac{e^{-j\theta_0}}{p+j\omega}\right]\equiv [L_m(p+j\omega)+$$

$$+L_m(p-j\omega)]\cdot\left[\frac{I_0^a}{p}+\sum_2^{\infty}\left(\frac{I_k^a}{p-j\omega k}+\frac{I_{-k}^a}{p+jk\omega}\right)\right]-$$

$$-\Delta L(p-j\omega)\,e^{2j\theta_0}\left[\frac{I_{-2}^a}{p}+\sum_2^{\infty}\left(\frac{I_{k-2}^a}{p-jk\omega}+\right.\right. \quad (22)$$

$$\left.\left.+\frac{I_{-k-2}^a}{p+jk\omega}\right)\right]-\Delta L(p+j\omega)e^{-2j\theta_0}\cdot\left[\frac{I_2^a}{p}+\right.$$

$$\left.+\sum_2^{\infty}\left(\frac{I_{k+2}^a}{p-jk\omega}+\frac{I_{-k+2}^a}{p+jk\omega}\right)\right]$$

Pentru $k=0$ și $p=0$, avem (23):

$$-\frac{\sqrt{3}}{2}i_{f_0}M_f\cdot(e^{j\theta_0}-e^{-j\theta_0})=2\,L_m''\cdot I_0^a-$$

$$-\Delta L''e^{2j\theta_0}I_{-2}^a-\Delta L''e^{-2j\theta_0}\cdot I_2 \quad (23)$$

Pentru $k\geqslant 2$ rezultă sistemul (16) și deci vom avea $\frac{I_k^a}{I_{k-2}^a}=\frac{I_{k+2}^a}{I_k^a}=-b\,.e^{2j\theta_0}$; $\frac{I_{-k}^a}{I_{-k+2}^a}=$ (17) $=\frac{I_{-k-2}}{I_{-k}}=-b\cdot e^{-2j\theta_0}$;

$$I_2^a=-I_0^a\cdot b\cdot e^{2j\theta_0};\quad I_{-2}^a=-I_0^a\cdot b\cdot e^{-2j\theta_0}.$$

Cu acestea și (23) rezultă (24):

$$i_a^+(t)=-j\sqrt{3}\,\frac{i_{f_0}M_f}{\sqrt{L_d''L_q''}}(\sin\theta_0)\cdot\left[\frac{1}{2}+\right.$$

$$\left.+\sum_{\nu=1}^{\infty}(-b)^{\nu}\cos 2\nu(\omega t+\theta_0)\right]. \quad (24)$$

Inductanța ce intervine în expresia curenților fiind $\sqrt{L_d''L_q''}$ constanta de timp va fi $T_{a2}=\frac{\sqrt{L_d''L_q''}}{R}$.

În consecință rezultă pentru curenții fazelor expresia (25)

$$i_b=-i_c=\frac{1}{\sqrt{3}}(a^2\cdot i^+ + a\cdot i^-)=\frac{a^2-a}{\sqrt{3}}\cdot i^+=$$

$$=-ji^+=\sqrt{3}\cdot V_0\cdot\left\{\left[\frac{1}{x_d+x_2}+\left(\frac{1}{x_d'+x_2}-\right.\right.\right. \quad (25)$$

$$\left.-\frac{1}{x_d+x_2}\right)\cdot e^{-\frac{t}{Td_2'}}+\left(\frac{1}{x_d''+x_2}-\frac{1}{x_d'+x_2}\right)e^{-\frac{t}{Td_2''}}\left.\right]\sum_{\nu=0}^{\infty}(-$$

$$-b)^{2\nu+1}\sin(2\nu+1)(\omega t+\theta_0)-\frac{\sin\theta_0}{x_2}\left[\frac{1}{2}+\right.$$

$$\left.\left.+\sum_{\nu=1}^{\infty}(-b)^{\nu}\cos 2\nu(\omega t+\theta_0)\right]e^{-\frac{t}{T_{a_2}}}\right\}$$

S-a notat prin x_2 reactanța de succesiune inversă, $x_2=\sqrt{L_d''L_q''}\,\omega$.

Concluzii

1. Ecuațiile operaționale ale mașinii sincrone în coordonatele vectorilor reprezentativi rezultanți au o formă relativ simplă. Ele sînt comode atît în studiul regimurilor simetrice cît și nesimetrice staționare sau tranzitorii.

2. Folosirea vectorilor în planul complex permite redarea sugestivă, prin aceste coordonate, a fenomenului fizic de creare a cîmpurilor rezultante cu repartiție armonică în spațiu (învîrtitoare sau fixe) la mașina electrică.

3. Coordonatele vectorilor reprezentativi rezultanți includ componentele simetrice și deci pot fi considerate ca mai generale decît acestea.

4. După determinarea vectorilor reprezentativi pozitivi, cei negativi (ca indici superiori conform notației adoptate) pentru același argument funcțional, fiind conjugații complecși ai primilor, trecerea la valorile instantanee ale fazelor este imediată.

5. Utilizarea calculului operațional permite prin soluțiile mai exacte ce le poate oferi, aprecierea erorilor și aproximațiilor care se fac la folosirea metodelor sau relațiilor aproximative de soluționare a diverselor probleme.

6. Metoda folosită în studiul defectelor nesimetrice este mai simplă (și deci mai accesibilă) și tot atît de exactă ca cea folosită de alți autori [11].

Bibliografie

[1] Doherty R. :*Synchronous Machines* — IV. Trans. Amer. Inst. electr. Engrs. 1928, no. 2 p. 457—492 Nickle C.: *Three — Phase Short Circuit Synchronous Machines V.* Trans Amer. Inst. electr. Engrs. 1930 no. 2, p. 701—714.

[2] Park R., Robersohn B: *The Reactances of Synchronous Machines.* Trans. Amer. Inst. electr. Engrs. 1928, p. 514.

[3] Park R. *Two — Reaction Theory of Synchronous Machines.* Trans. Amer. Inst. electr. Engrs. 1929, p. 716.

[4] Gorev A.: *Perehodnîie proțeșt sinhronoi mașini.* G.E.I., Moscova — Leningrad, 1950,.

[5] Ku Y.: *Transient Analysis of A. C. Machinery.* Trans Amer. Inst. electr. Engrs. 1929, p. 707.

[6] Crary S. Waring M. *Torque -Angle Characteristics of Synchronous Machins.* Trans. Amer. Inst. electr. Engrs. 1932, p. 764.

[7] Crary S.: *Two-Reaction Theory of Synchronous Machines.* Trans. Amer. Inst. electr. Engrs. 1937, p. 27.

[8] Laible Th.: *Die Theorie der Synchronmaschine im nichtstationären Betrieb.* Springer-Verlag, Berlin Gottingen-Heidelberg, 1952.

[9] Vowels R.: *Transient Analysis of Synchronous Machines.* Proc. of. IEE vol. 99 1952 p. IV Nr. 3 p. 204.

[10] Aliabiev I.: *Operatornîe uravneniia dlia napriajenii, tokov i potokosțeplenii sinhronoi mașini pri nenulevîm nacialnîh usloviiah.* Electricestvo 1953, nr. 3, p. 44—51.

[11] Ching Y. Adkins B.: *Transient Theory of Synchronous generators under unbalanced conditions.* Proc. of. IEE vol. 101, 1954, p. IV, nr. 7 p. 166.

[12] Kovacs P. Racz I.: *Váltakozóáramu gépek tranziens folyamatai.* Akademiai kiado, Budapest 1954.

[13] Kron G.: *A short Course in Tensor Analysis for Electrical Engineers.* J. Wiley, New—York, 1942.

[14] Antoniu I.: *Introducere în aplicarea calculului matricial la studiul circuitelor electrice.* Edit. Acad. R.P.R. 1953
[15] Nedelcu V.: *Elementele fundamentale ale teoriei celor două reacții a mașinii sincrone.* Buletinul Inst. Politehnic, București, Tom. XV II, Fasc. 1—2, 1956
[16] Bălă C.: *Reactanța inversă a mașinii sincrone trifazate.* Autoreferat. Studii și cercetări de Energetică nr.3, 1956, p. 370.
[17] Manea F.: *Ecuațiile operaționale generale ale mașinii asincrone.* Electrotehnica, 1957 nr. 2, p. 43, București,
[18] Gruzov L.: *Metodi matematicescovo isledovania ele triceskih mașin.* G.E.I., Moscova — Leningrad, 1953,
[19] Ku Y.: *Transient Analysis of Rotating Machines.* Trans. Amer. Inst. electr. Engrs. 1951 vol. 70 P. I p. 94
[20] Ku Y.: *Rotating Theory and General Analysis of Synchronous and inductions Machines.* Proc. of. IEE. vol. 100 1953. P. II. nr. 73,
[21] Waring M., Crary S.: *Operational Impedance of Synchronous Machines.* General Electric Review. vol. 35, 1932, nr. 11 p. 578.
[22] Venicov V., Jucov L.: *Perehodnie profesivelek triceskih sistemah.* G.E.I. Moscova-Leningrad 1953.
[21] Csáki F.: 44000 KVA —*es turbogenerator vizsgálata aszinkron uzemben.* Elektrotechnika Nr. 8 1956 p.229 Budapesta.
[24] Ulianov S.: *Corotkie zamicania v electriceskih sistemah.* G.E.I., Moscova — Leningrad, 1949.
[25] Ghelfond A.: *Calculul cu diferențe finite.* Ed. Tehnică București, 1956.

Metode moderne de compensare a transformatoarelor de curent, cazuri particulare de magnetizare

A. ŞEMLYEN, Timişoara*)

In literatura tehnică se cunosc mai multe moduri de compensare a erorilor transformatoarelor de curent. Autorul prezintă dintr-un punct de vedere unitar variantele cunoscute în tehnică dînd și o schemă echivalentă originală

TZ 621. 314. 228. 8. 088

1. **Despre importanța compensării transformatoarelor de curent și prezentarea principalelor metode de compensare.** Se știe că eroarea transformatoarelor de curent se datorește amperspirelor de magnetizare, un indiciu al erorii fiind tocmai raportul lor față de amperspirele primare (sau secundare). Respectarea limitelor de erori, impuse de diferite clase de precizie, determină în general dimensiunile minime ale transformatorului de curent, acestea putînd fi considerabile în unele cazuri din practică, dacă nu se iau măsuri pentru compensarea erorii. Un asemenea caz se prezintă atunci cînd se cere să se măsoare curenți nu prea mari (sub 200 A) cu transformatoare de trecere, adică avînd o bară drept înfășurare primară. Transformatoarele de curent de acest fel prezintă avantajul unei stabilități dinamice deosebit de mari și al posibilității de utilizare în aparate electrice de înaltă tensiune, fiind de fapt formate din miez și înfășurare secundară, așezate în exteriorul izolatorului de trecere, ce înconjoară conductorul primar. Înfășurarea și izolația primară există deci independent de transformatorul de curent care devine în felul acesta un aparat foarte ieftin și puțin voluminos. Curentul și deci și amperspirele primare avînd valoarea mai mică de 200 A, amperspirele de magnetizare vor trebui, să fie de asemenea sub o anumită limită, de exemplu sub 2A. Lungimea medie a miezului fiind determinată aproximativ de izolația dintre primar și miez, rezultă intensitatea cîmpului magnetic în miez de cîțiva A/m și inducția de ordinul de mărime de 10^{-2} Wb/m^2 în cazul tolei de oțel cu siliciu. Aliajele fier-nichel au permeabilitatea mult mai mare, sînt însă foarte costisitoare. Pentru ca la asemenea inducții mici (la care de altfel și permeabilitatea este mică) să se obțină fluxul necesar pentru a induce tensiunea corespunzătoare puterii transformatorului, este necesară o secțiune mare a miezului, cu atît mai mare cu cît numărul spirelor secundar și deci curentul primar este mai mic. Secțiunea mare nu se poate realiza în general fără a mări lungimea liniilor de forță, din care cauză secțiunea crește mai repede decît inversul pătratului numărului de spire. Astfel pentru $I_n = 100$ A secțiunea este aproximativ de 6 ori mai mare decît la $I_n = 200$ A.

Din cele arătate rezultă clar, că transformatoarele de curent de trecere, atît de importante în aplicațiile lor practice prezintă dificultăți din punctul de vedere al realizării constructive (în domeniul curenților nominali nu prea mari), în cazul că nu se iau măsuri speciale pentru micșorarea erorii pe o cale diferită de aceea a măririi secțiunii miezului feromagnetic. În realitate transformatoarele moderne de curent de trecere avînd $I_n \ll 200$ A sînt totdeauna compensate. Metodele de compensare sînt foarte variate și sînt prezentate în literatura de specialitate [1,2,3]O. trecere în revistă s-a făcut și în „Electrotehnica [4]. Trebuie remarcat că din multitudinea metodelor prezentate în literatură se folosesc azi numai unele. Aparent și aceste metode moderne sînt destul de variate, totuși autorul acestei lucrări a reușit să stabilească o caracteristică comună pentru majoritatea lor.

*) Ing. Adam Semlyén este lector la Institutul Politehnic din Timișoara

Într-adevăr, abstracție făcînd de metoda ortomagnetizării (magnetizare suplimentară la 150 Hz) pentru mărirea permeabilității miezului la inducții mici [2], [5] se constată că la transformatoarele moderne de curent se compensează tensiunea secundară și nu curentul de magnetizare. Tensiunea secundară variază proporțional cu curentul și se poate compensa (cu suficientă precizie) prin tensiuni induse în secundar dacă acestea sînt aproximativ proporționale cu curentul; compensarea curentului de magnetizare se poate face însă cu precizie mult mai redusă, din cauza caracterului neliniar al curbei de magnetizare. În unele cazuri particulare [6], [7], [8] ideea compensării tensiunii secundare a fost precizată chiar de constructorul transformatorului respectiv. Este important însă de a sublinia că majoritatea transformatoarelor moderne de curent sînt compensate corespunzător acestei metode comune și deci ele nu prezintă în principiu deosebiri prea mari între ele în ce privește compensarea erorii. Astfel, următoarele tipuri de transformatoare de curent considerate pînă acum drept construcții fundamental deosebite din punctul de vedere al compensării, intră în categoria transformatoarelor „contramagnetizate" [denumirea de „contramagnetizare" o păstrăm fiind introdusă de cîteva decenii și caracterizînd transformatoarele de curent cu (cel puțin) două miezuri și avînd numărul de spire secundare diferit pe cele două miezuri]:

a) *Transformatoarele de curent cu magnetizare suplimentară la* 50 Hz *după schema lui Wellings și Mayo* (fig. 1). Cele două miezuri principale sînt magnetizate în contra fază (contramagnetizare) de un curent proporțional cu curentul primar (deci și cu cel

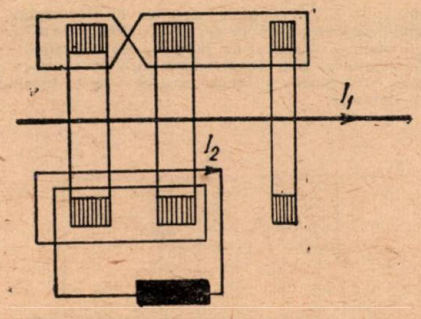


Fig. 1. Transformatorul de curent compensat după Wellinge și Mayo.

secundar), datorat unui miez auxiliar. Astfel inducția este mărită pînă la valori la care permeabilitatea este maximă.

b) *Transformatoarele de curent compensate după schema clasică a lui Vahl* (AEG), indicată în fig. 2 [9], [10]. Datorită faptului că $N_{2A} > N_{2B}$ apar amperspire magnetizante suplimentare opuse în fază pe cele două miezuri, inducția fiind mărită pînă în domeniul permeabilității maxime. Cu aceasta însă, ca și cazul precedent, nu se ajunge încă la compensarea tensiunii de pe impedanța de sarcină $\overline{Z}_e$; se mărește doar permeabilitatea și astfel eroarea se micșorează

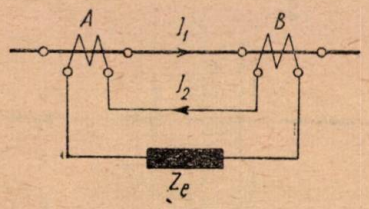


Fig. 2. Schema de principiu a contramagnetizării după Vahl: $N_{1A} = N_{1B} = 1$, $N_{2A} > N_{2B}$.

prin îmbunătățirea calității miezului feromagnetic. Se îmbunătățește de asemenea și comportarea în domeniul supracurenților [9].

Realizarea constructivă a contramagnetizării este indicată în fig. 3 și 4. Fig. 5 prezintă transformatorul „supracompensat" a lui Iliovici, construit pe baza recunoașterii că în locul amperspirelor realizate de un miez auxiliar (fig. 1), acestea pot fi date chiar de curentul secundar.

Transformatorul lui Iliovici reprezintă prima realizare a contramagnetizării cu două miezuri.

Metoda de compensare după Vahl este mult folosită. Ea nu rezolvă însă problema compensării tensiunii de pe impedanța de sarcină ca metodele mai perfecționate indicate în continuare.

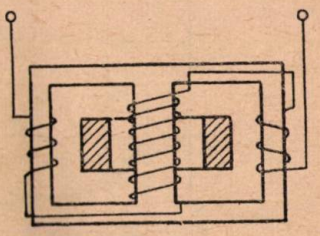


Fig. 3. Contramagnetizarea după Goldstein. Înfășurarea primară, partea mai importantă a înfășurării secundare și o coloană a miezului este comună pentru cele două unități de transformatoare de curent, care formează schema lui Vahl.

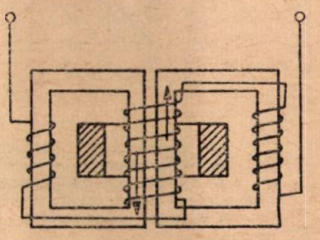


Fig. 4. Contramagnetizare cu două miezuri, dar înfășurarea primară și o parte a înfășurării secundare comune.

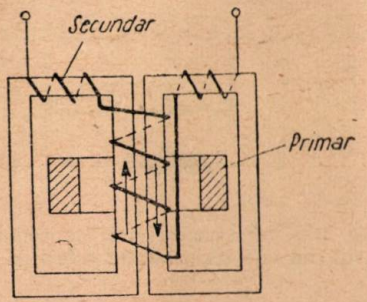


Fig. 5. Transformatorul „supracompensat" după Iliovici.

c) *Contramagnetizarea cu defazare, elaborată de autorul acestei lucrări* [11] (fig. 6). Tensiunea

secundară se poate compensa în acest caz datorită faptului că pe miezul B se găsește o înfă-

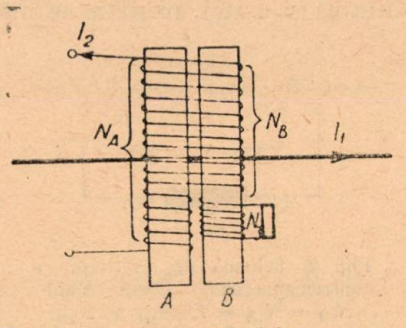


Fig. 6. Schema de principiu a contramagnetizării cu defazare

d) *Contramagnetizarea reglată după Goldstein* [3] (fig. 9). Aici, înfășurarea terțiară, sau rezistența de șuntare cuprinde ambele miezuri respectiv este conectată la o parte a spirelor de la înfășurarea celor două miezuri. În principiu metoda se aseamănă cu aceea de sub c), fenomenele se pot urmări însă mai greu și de aceea și compensarea se realizează cu mai puțină ușurință.

e) *Transformatorul cu șunt magnetic elaborat de Petrov și Ocuni* [6] [7] este prezentat în fig. 10. Înfășurarea primară, o parte a înfășurării secundare precum și a miezului feromagnetic, sînt comune celor două transformatoare care formează elementele schemei de contramagne-

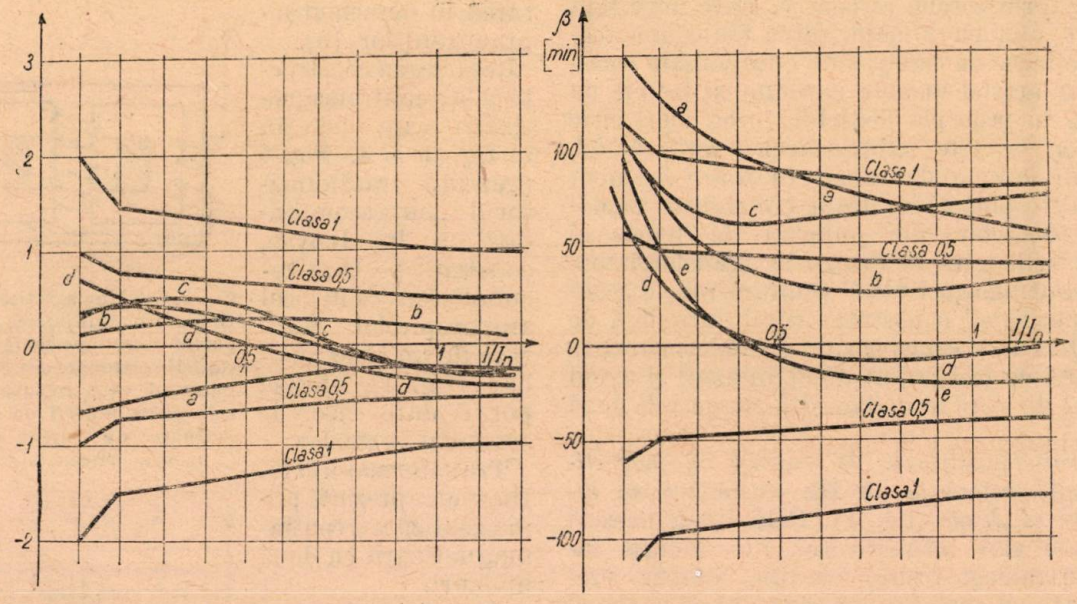


Fig. 7. Curbele de erori la contramagnetizarea cu defazare :

a – transformator „Electroputere" Craiova, tip TITU–10, nr. de fabricație 86961, 10 kV, 600/5 A, 20 VA, clasa 1, necompensat. Se vede că erorile nu respectă limitele de clasă: *b* – Transformator „Electroaparat" Leningrad, tip TPOF, nr de fabricație 41969, 10 kV, 600/5 A, 20 VA, clasa 1 (construcție asemănătoare cu a transformatorului de sub *a*), compensat de fabrică prin contramagnetizare clasică (după Vahl); *c* – același transformator „Electroputere" însă compensat prin contramagnetizare (după Vahl); *d* – același transformator „Electroputere" însă compensat prin contramagnetizare cu defazare: *e* – transformatorul de la punctul *b* compensat prin contramagnetizare cu defazare.

șurare terțiară conectată pe o rezistență, astfel încît faza tensiunii induse poate fi variată după nevoie. Rezultatele compensării sînt

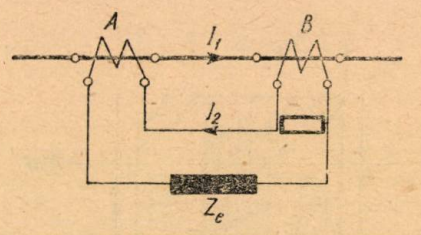


Fig. 8. Contramagnetizare cu defazare prin șuntarea secundarului miezului B.

scoase în evidență prin curbele comparative din fig. 7. Defazarea poate fi realizată și prin șuntarea înfășurării secundare de pe miezul care are mai puține spire în secundar (miezul B fig. 8).

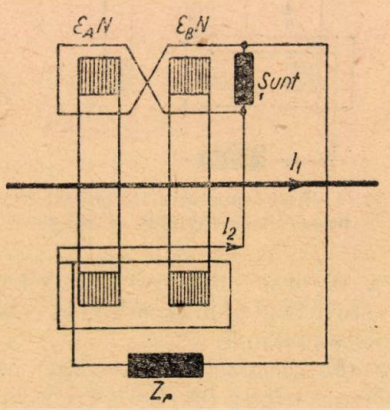


Fig. 9. Schema de principiu a contramagnetizări reglate după Goldstein.

tizare. Fluxul miezului cu mai puține spire în secundar se închide prin șunt (vezi și fig. 11).

Tensiunea secundară este compensată de fapt în cea mai mare măsură de fluxul prin șunt, astfel încît fluxul prin miezul principal (care are

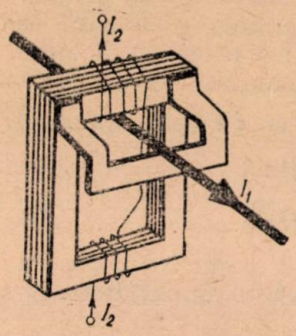


Fig. 10. Schema transformatorului de curent cu „șunt magnetic", după Petrov și Ocuni.

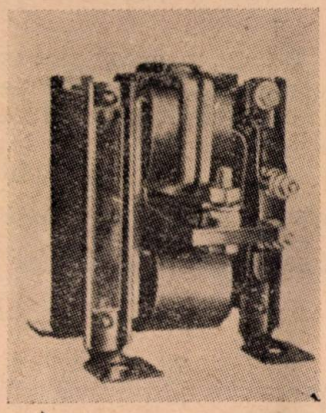


Fig. 11. Transformator cu șunt magnetic tip JBO construit în R. P. Polonă

raportul de transformare dat de numărul de spire egal cu raportul de transformare nominal) se micșorează foarte mult și astfel și erorile devin foarte mici.

f) *Transformatorul cu flux-zero, după Hobson* [8] (fig. 12). Se observă că, cel puțin în schema de construcție există o asemănare cu metoda contramagnetizării cu defazare (fig. 6 și 8). În realitate, Hobson, compensează tensiunea de pe impedanța secundară cu ajutorul tensiunii date

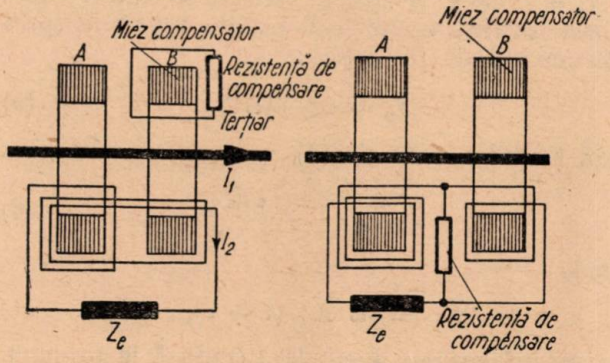


Fig. 12. Schema de principiu a compensării după metoda fluxului-zero după Hobson.

numai de miezul B, miezul A lucrînd cu un flux foarte mic. Prin urmare nu se ajunge prin contramagnetizare la domeniul permeabilității maxime la ambele miezuri, ci dimpotrivă la miezul A, se lucrează la permeabilitate mică, însă fluxul fiind aproape zero eroarea este foarte mică. Miezul B poate fi de secțiune mai redusă însă pentru a compensa tensiunea la orice curent, va trebui să aibă permeabilitate constantă. De aceea, de preferință, el se împarte în două și se magnetizează în mod suplimentar la frecvența de 150 Hz. În felul acesta Hobson a reușit să reducă erorile practic la zero, chiar la rapoarte de transformare deosebit de mici (50/5. . . 20/5 A).

g) *Alte scheme* ca de exemplu aceea din fig. 13 se reduc aproape întotdeauna la una din cele prezentate la punctele a. . . f.

Din această prezentarea a metodelor moderne de compensare a erorii transformatoarelor de curent rezultă, că ele au toate la bază schema de principiu a lui Vahl și deci se bazează pe principiul contramagnetizării, deși aspectul constructiv poate fi foarte diferit. În al doilea rînd se constată, că tensiunea de pe impedanța de sarcină poate fi compensată în două feluri:

1. Tensiunea se compensează cu ambele miezuri magnetizîndu-le suplimentar în contrafază, pînă în domeniul permeabilității maxime (cazurile c și d).

2. Tensiunea se compensează cu un singur miez reducînd fluxul miezului principal la valori foarte mici, pentru a micșora în acest fel amperspirele de magnetizare și deci erorile (cazurile e și f).

Scopul prezentei lucrări este ca, după sublinierea acestor trăsături fundamentale, comune metodelor moderne de compensare, să se prezinte o teorie generală a compensării prin contramagnetizare (elaborată de autor), iar prin analiza rezultatelor generale obținute să se stabilească și pe cale teoretică principiile metodelor fundamentale de compensare a erorii la transformatoare de curent.

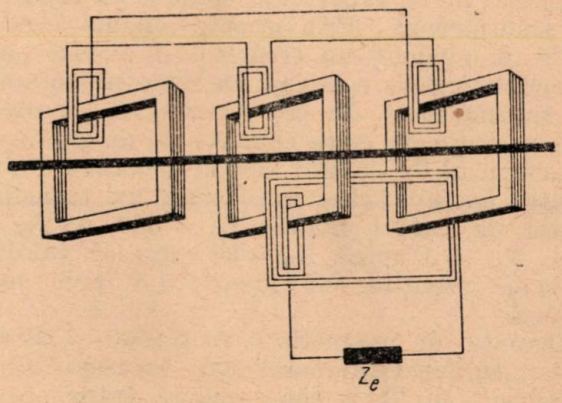


Fig. 13. Schemă complexă, de compensare. Ea reprezintă o aplicarea simultană a metodelor din fig. 1 și 2.

2. **Teoria generală a compensării transformatoarelor de curent prin contramagnetizare.** Ideea fundamentală care stă la baza elaborării teoriei generale a compensării transformatoarelor de curent prin contramagnetizare este aceea că pentru evidențierea erorii, schema în T a transformatorului trebuie să se stabilească cu raportul de transformare egal cu cel nominal și nu cu raportul numărului de spire. Voldec [12] a propus primul o asemenea schemă pentru transformatoare cu un singur miez și a găsit pe cale analitică parametrii acestuia. In lucrarea prezentă parametrii schemei se obțin pe o cale

mai simplă prin examinarea directă a fenomenelor, iar prin dublarea schemei pentru cazul a două miezuri, se stabileşte teoria generală a compensării prin magnetizare.

Schema echivalentă în T avînd mărimile secundare reduse la primar cu ajutorul raportului de spire, scoate bine în evidenţă fenomenul de magnetizare a miezului, ramura transversală fiind parcursă de curentul de magnetizare.

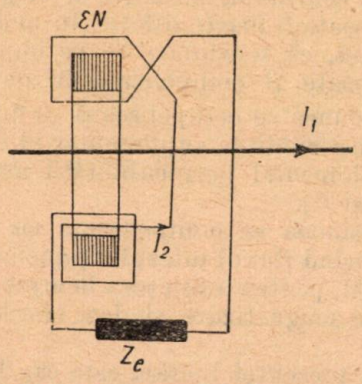


Fig. 14. Schemă auxiliară pentru stabilirea schemei echivalente în T.

În literatura clasică se evidenţiază avantajul unei asemenea scheme, pentru că eroarea este datorită chiar curentului de magnetizare, acesta fiind o măsură a erorii. De fapt însă, eroarea se defineşte cu ajutorul curentului secundar redus la primar nu cu raportul de spire, ci cu raportul de transformare. Prin urmare schema clasică în T nu evidenţiază eroarea decît atunci cînd raportul spirelor este egal cu raportul nominal de transformare. În caz contrar, de exemplu la o corecţie de spire curentul de magnetizare şi „curentul de eroare" sînt în general diferiţi. Pentru exemplificare considerăm un transformator de curent avînd : $I_{1n} = 500$ A, $I_{2n} = 5$ A, $N_1 = 1$ spiră, $N_2 = 99$ spire iar valorile reale ale curenţilor 500 respectiv 5 A, presupuse în fază.

Curentul de magnetizare va fi : $500 - 5{,}99 = 5$ A, iar „curentul de eroare" $500 - 5 \times 100 = 0$.

Schema în T, a cărei ramură transversală este parcursă de „curentul de eroare" permite studiul montajelor cu două miezuri cu rapoarte diferite ale spirelor celor două înfăşurări (transformatoare contramagnetizate). În cele ce urmează se determină întîi parametrii schemei echivalente pentru un singur miez iar apoi prin dedublare, schema se adaptează pentru transformatoare cu două miezuri.

Fie Λ_{m0} permeanţa miezului considerat. Presupunem, că miezul poartă o înfăşurare (terţiară) scurtcircuitată avînd N_3 spire uniform repartizate şi rezistenţa r_3. Fie $r'_3 = \frac{r_3}{N_3^2}$ rezistenţa raportată la o singură spiră. Înfăşurarea terţiară poate fi reală sau fictivă, servind în acest caz la modelarea pierderilor în fier. Permeanţa aparentă $\overline{\Lambda}_m$, în cazul prezenţei înfăşurării terţiare, va rezulta din relaţia :

$$j\omega \overline{\Lambda}_m = \frac{r'_3 \cdot j\omega \Lambda_{m0}}{r'_3 + j\omega \Lambda_{m0}} . \qquad (1)$$

Pentru simplicitate se consideră o singură spiră primară. Această ipoteză nu reduce generalitatea rezultatelor. Înfăşurarea secundară se împarte în două (fig. 14) : o parte cu N spire corepunzătoare raportului nominal de transformare $N = \frac{I_{1n}}{I_{2n}}$ şi o parte cu εN spire, numărul total de spire secundare fiind

$$N_2 = (1 + \varepsilon) N. \qquad (2)$$

Notînd cu $\overline{I}'_2$ curentul secundar redus la primar cu ajutorul raportului nominal de transformare :

$$\overline{I}'_2 = N \cdot \overline{I}_2. \qquad (3)$$

Curentul de eroare este :

$$\overline{I}_0 = \overline{I}_1 + \overline{I}'_2. \qquad (4)$$

După cum rezultă din fig. 14 (în care s-au indicat sensurile pozitive în înfăşurări şi în miez), curentul de eroare ne dă numai o parte a tensiunii magnetomotoare. O tensiune magnetomotoare suplimentară ne dă curentul $\overline{I}'_2$ parcurgînd spirele suplimentare εN. Valoarea acesteia este $\varepsilon \overline{I}'_2$. Fluxul rezultant înlănţuie înfăşurarea primară (1 spiră), şi cea secundară [$N_2 = (1 + \varepsilon) N$ spire]. Astfel în primarul transformatorului apare căderea de tensiune (prin fenomenul de inducţie) :

$$(\overline{I}_0 + \varepsilon \overline{I}'_2)\, j\omega \overline{\Lambda}_m, \qquad (5)$$

sau ţinînd seama de (4)

$$\overline{I}_0 \overline{Z}_m - \overline{I}_1 \frac{\varepsilon \overline{Z}_m}{1 + \varepsilon} \qquad (6)$$

unde

$$\overline{Z}_m = j\omega \overline{\Lambda}_m (1 + \varepsilon), \qquad (7)$$

iar în înfăşurarea secundară (redusă la primar), căderea de tensiune va fi :

$$(\overline{I}_0 + \varepsilon \overline{I}'_2)\, j\omega \overline{\Lambda}_m (1 + \varepsilon) = \overline{I}_0 \overline{Z}_m + \overline{I}'_2 \varepsilon \overline{Z}_m \qquad (8)$$

Pe baza relaţiilor (4), (6), (8) şi ţinînd seama de rezistenţele, reactanţele de dispersie, precum şi de sarcina secundară (mărimile din secundar se reduc la primar) se poate construi schema echivalentă din fig. 15. În multe cazuri din practică $\overline{Z}'_{d2} \cong r'_2$ ($X'_{d2} \cong 0$).

Dublarea schemei, pentru a o aplica la cazul contramagnetizării schiţate în fig. 2, dă schema echivalentă a transformatoarelor contramagnetizate. În fig. 16, rezistenţele şi reactanţele de dispersie secundare au fost înglobate în impedanţa de sarcină $\overline{Z}'_e$ redusă la primar. Trebuie

subliniat că starea de magnetizare a miezului este dată de curenții $\bar{I}_0 + \varepsilon_A \bar{I}_2'$ respectiv $\bar{I}_0 + \varepsilon_B \bar{I}_2'$ și nu de „curentul de eroare" $\bar{I}_0$ care figurează în schemă.

Expresia erorii relative complexe, raportate la curentul secundar este :

$$\bar{\gamma} = \alpha + j\beta = \frac{\bar{I}_0}{\bar{I}_2'} = -\frac{\varepsilon_A \bar{Z}_{mA} + \varepsilon_B \bar{Z}_{mB} + \bar{Z}_e'}{\bar{Z}_{mA} + \bar{Z}_{mB}}. \quad (9)$$

Erorile vor fi mici dacă $\bar{Z}_{mA} + \bar{Z}_{mB}$ este mare, ceea ce se realizează prin contramagnetizare

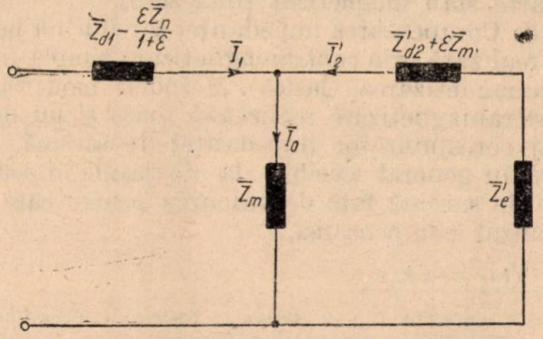


Fig. 15. Schema echivalentă în T în cazul unui singur miez.

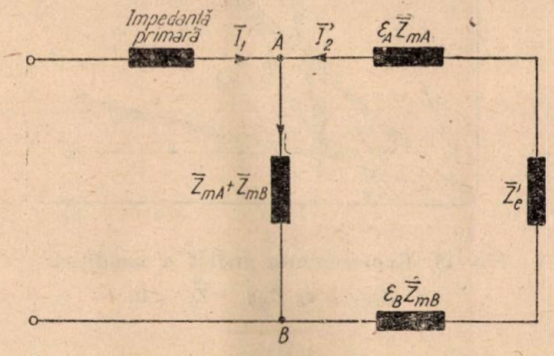


Fig. 16. Schema echivalentă a transformatoarelor de curent contramagnetizate.

până la domeniul permeabilității maxime, și dacă $\varepsilon_A \bar{Z}_{mA} + \varepsilon_B \bar{Z}_{mB} + \bar{Z}_e'$ este mic, adică dacă tensiunile induse $-\varepsilon_A \bar{Z}_{mA} \bar{I}_2'$ și $-\varepsilon_B \bar{Z}_{mB} \bar{I}_2'$ compensează căderea de tensiune $\bar{Z}_e' \bar{I}_2'$ pe impedanța de sarcină. Prin urmare relația (9) și fig. 16 reflectă principiul compensării moderne a transformatoarelor de curent compensarea tensiunii secundare și eventual magnetizarea miezurilor feromagnetice, astfel încît permeabilitatea să aibă valoare apropiată de cea maximă.

În cele ce urmează se vor examina diferitele posibilități de micșorare a erorii prin compensarea tensiunii secundare, adică prin anularea impedanței rezultante :

$$\bar{Z} = \varepsilon_A \bar{Z}_{mA} + \varepsilon_B \bar{Z}_{mB} + \bar{Z}_e'. \quad (10)$$

3. Analiza posibilităților de compensare a tensiunii secundare. În cazul general impedanțele $\bar{Z}_e' \bar{Z}_{mA}$ și $\bar{Z}_{mB}$ au valori cuprinse în primul cadran al planului complex (fig. 17).

Ne propunem să anulăm impedanța rezultantă, dată de relația (10). Acest lucru este reprezentat grafic în fig. 18. Punctul P trebuie să se găsească în porțiunea de plan CAD, sau mai precis, ținînd seamă de faptul că $\bar{Z}_{mA}$ nu poate fi o rezistență sau o reactanță pură, în porțiunea cuprinsă în unghiul $C'AD'$. Comparînd fig. 17 și 18 se constată că segmentul PB nu poate avea orientarea dorită, decît dacă $\varepsilon_B < 0$. Se vede, de asemenea că în general compensarea nu este posibilă dacă $\bar{Z}_{mB}$ este defazat în urmă față de $\bar{Z}_{mA}$. În felul acesta se justifică teoretic perfecționările realizate prin noile metode de compensare prin contramagnetizare (contramagnetizarea cu defazare și contramagnetizarea reglată, vezi punctul 1 c și d) în raport cu contramagnetizarea simplă, fără defazare (punctul 1 a și b) la care echilibrul tensiunilor

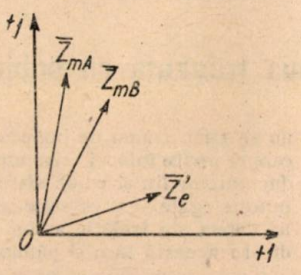


Fig. 17. Reprezentarea impedanțelor $\bar{Z}_e' \bar{Z}_{mA}$ și $\bar{Z}_{mB}$.

secundare poate fi realizat cu mai puțină precizie.

Într-un caz particular punctul P (fig. 18) poate ajunge în A. Acest lucru este posibil dacă $\varepsilon_A = 0$ sau $\bar{Z}_{mA} = 0$. Ipoteza $\bar{Z}_{mA} = 0$ trebuie exclusă pentru că altfel am avea un singur miez (miezul B), iar contramagnetizarea s-ar reduce la o corecție de spire (ε_B). Acest lucru rezultă din expresia (9) a erorii, care devine :

$$\bar{\gamma} = -\frac{\bar{Z}_e'}{\bar{Z}_{mB}} - \varepsilon_B.$$

Din fig. 18 se constată că întotdeauna $\varepsilon_B \bar{Z}_{mB} \neq 0$, deci $\varepsilon_B \neq 0$ și $\bar{Z}_{mB} \neq 0$.

Dacă P nu coincide cu A, avem $\varepsilon_A > 0$ și $\varepsilon_B < 0$, prin urmare ambele miezuri sînt magnetizate în mod suplimentar (la permeabilitate maximă).

Dacă P coincide cu A, avem $\varepsilon_A = 0$ și $\varepsilon_B < 0$. Miezul A nu este magnetizat (metoda de compensare cu șunt magnetic și cea cu flux-zero, punctul 1 e și f), miezul B compensînd întreaga tensiune a sarcinii. Acest lucru nu este posibil decît dacă miezul B prezintă pierderi mărite, naturale sau produse de o înfășurare terțiară și dacă permeanța sa este constantă, pentru ca compensarea să poată fi realizată în întregul domeniu al curenților considerați. Astfel $\bar{Z}_{mB}$ neputînd fi prea mare va trebui ca $\bar{Z}_{mA}$ să fie mare pentru că eroarea să fie mică (vezi relația 9). Pentru aceasta miezul A se poate magnetiza suplimentar cu curent

continuu astfel încît să fie utilizată porțiunea din curba de magnetizare cu pantă maximă, în loc de porțiunea cu permeabilitate redusă, corespunzătoare cîmpului magnetic de intensitate mică. Ortomagnetizarea este de asemenea foarte eficace pentru micșorarea erorilor. Din fig. 18 rezultă că în cazul cînd $\varepsilon_A = 0$ și $\overline{Z}'_e$ este

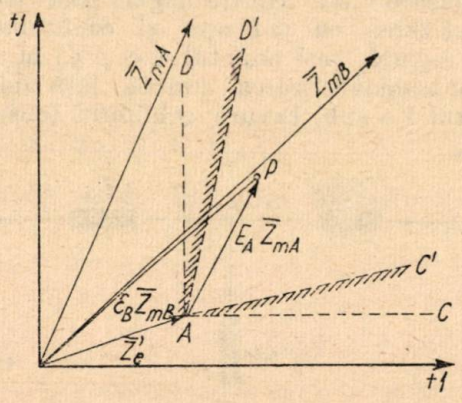


Fig. 18. Reprezentarea grafică a condiției:
$\varepsilon\ \overline{Z}_{mA} + \varepsilon_B\ \overline{Z}_{mB} + \overline{Z}'_e = 0.$

pur ohmic, compensarea nu poate fi făcută, miezul *B* (denumit de Hobson compensator) avînd caracter inductiv pronunțat. Compensarea poate fi realizată numai dacă sarcina se întregește pînă se obține o impedanță rezultantă $\overline{Z}'_e$ determinată. În general compensarea prin contramagnetizare a tensiunii secundare presupune o impedanță de sarcină fixă. Contramagnetizarea clasică nu prezintă sensibilitate mare față de variațiile sarcinii [9].

Concluzii

a) Metodele moderne de compensare a transformatoarelor de curent sînt aparent foarte variate. În realitate însă, în majoritatea cazurilor, se compensează tensiunea de pe impedanța de sarcină, folosind pentru aceasta două miezuri contramagnetizate.

b) Pornind de la ideea, că schema echivalentă a transformatoarelor de curent trebuie să fie stabilită prin reducerea mărimilor secundare la primar cu ajutorul raportului de transformare nominal se poate stabili schema echivalentă a transformatoarelor contramagnetizate. Această schemă permite studierea, pe o cale simplă a echilibrului tensiunilor secundare.

c) Tensiunea de pe impedanța de sarcină poate fi compensată fie cu ajutorul ambelor miezuri, în care caz acestea se magnetizează la permeabilitate maximă, fie cu un singur miez (compensator), în care caz miezul al doilea este foarte slab magnetizat (flux-zero).

d) Compensarea impedanței sarcinii nu poate fi realizată prin contramagnetizare simplă (contramagnetizarea clasică). Metodele moderne de contramagnetizare realizează toate și un defazaj corespunzător impedanței de sarcină. Ele sînt în general sensibile la deviațiile impedanței de sarcină față de valoarea pentru care s-a realizat compensarea.

Bibliografie

[1] Camilli G.: *A. Survey of Bushing* — Type Current Transformers for Metering Purposes Amer. Inst.electr. Engrs. Transact. (1950), p. 429.
[2] Ciizy T., Török B.: *Merotranszformatorok.* Muszaki Konyvkiado, Budapest, 1955.
[3] Goldstein: *Die Messwandler.* 2 Auflage, Verlag Hirkhäuser, Basel 1952.
[4] Parteni C., Boaru C., Ciobotaru T.: *Compensarea transformatoarelor de curent.* Electrotehnica 3 (1955) nr. 1, p. 1—13.
[5] Farr J. W.: *A New of Orthomagnetic Bushing — Type.* Current Transformers Amer. Inst. electr. Engrs. Transact (1950), p. 424.
[6] Petrov G. N., Ocuni S. S.: *Despre impedanța negativă a înfășurării secundare a transformatorului.* Electricestvo, 1950, 5, p. 3—5.
[7] Petrov G. N.: Ocuni S. S. *Transformatoare de curent cu compensarea erorii după, metoda MEI.* Electricestvo, 1952, 12, p. 14—21.
[8] Hobson: *The Zero-Flux Current Transformer.* Transaction Amer. Inst. electr. Engrs. 1953, III, p. 608.
[9] Semlyen Adam: *Teoria compensării erorii transformatoarelor de curent prin contramagnetizare.* Academia R.P.R. Baza Timișoara, Studii și Cercetări Științifice Tomul III (1956) 1—2
[10] Voldec A. I.: *Despre schema echivalentă a transformatorului și parametrii ei.* Electricestvo, 1952, 8. p. 21—25.

NOTE

O schemă echivalentă pentru rețeaua trifazată cu bobină de stingere

Cz. 621.315.1.025.3 : 621.316.935

Prezentarea funcționării bobinei de stingere în literatura tehnică, nu se face totdeauna cu maximum de claritate. Evident, rezolvarea corectă a problemei se poate efectua fără nici o dificultate folosind metodele clasice de calcul ale rețelelor trifazate dezechilibrate, dar rezultatele obținute nu sînt suficient de sugestive și intuitive. Este — în acest sens — utilă o schemă echivalentă care, fără alte aproximații, să permită o prezentare clară și intuitivă a funcționării acestei bobine.

Considerăm o rețea trifazată (fig. 1) cu tensiunile electromotoare $\overline{U}_1$, $\overline{U}_2$, $\overline{U}_3$ (fără componentă omopolară, $\overline{U}_1 + \overline{U}_2 + \overline{U}_3 = 0$) și căderi de tensiune neglijabile (ceea ce permite să nu se țină seama de impedanțele de sarcină ale rețelei), la care se poate înlocui, sistemul de capacități parțiale ale conductoarelor liniei cu un sistem de capacități în serviciu *C* — practic egale — și presupunem că pe faza a treia se produce un defect de izolație, astfel încît admitanța echivalentă Y_3 dintre această fază și pămînt este considerabil sporită.

Dacă între neutrul *O* al înfășurării trifazate în stea care alimentează linia și pămînt *N* este legată bobina de stingere de inductivitate *L* și admitanță $\overline{Y}_L = \dfrac{1}{j\omega L}$, determinarea curenților în rețea se poate face — de exemplu — cu teorema

potențialului punctului neutru, care ne dă tensiunea $\overline{U}_N$ a acestuia față de O:

$$\overline{U}_N = \frac{\overline{U}_1\overline{Y}_1 + \overline{U}_2\overline{Y}_2 + \overline{U}_3\overline{Y}_3}{\overline{Y}_1 + \overline{Y}_2 + \overline{Y}_3 + \overline{Y}_L} = \overline{U}_3 \frac{\overline{Y}_3 - j\omega C}{\overline{Y}_3 + 2\,j\omega C + \frac{1}{j\omega L}}$$

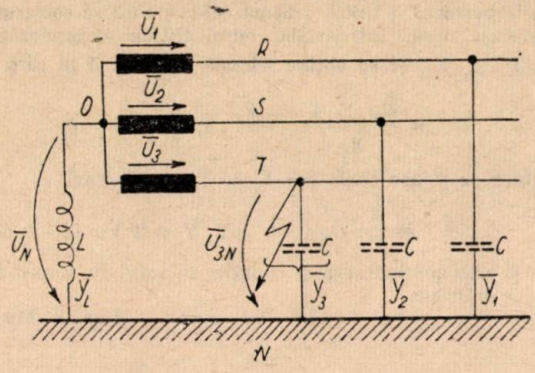


Fig. 1

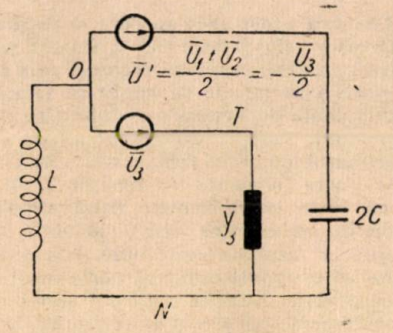


Fig. 2

Tensiunea fazei a treia față de pământ rezultă:

$$\overline{U}_{3N} = \overline{U}_3 - \overline{U}_N = \overline{U}_3\, j\, \frac{(3\omega C - \frac{1}{\omega L})}{\overline{Y}_3 + 2j\omega C + \frac{1}{j\omega L}}$$

și se anulează (o dată cu curentul de punere la pământ) pentru $L = \frac{1}{3C\omega^2}$ (condiția de acord a bobinei de stingere) oricare ar fi admitanța $\overline{Y}_3$ (și deci admitanța $\overline{Y}_P = \overline{Y}_3 - j\omega C$ a canalului defectului) cu excepția valorii $\overline{Y}_3 = j\omega C$ (în lipsa defectului) cînd expresia de mai sus este nedeterminată. Rețeaua se comportă — la acord — ca un circuit Boucherot (în trifazat) deoarece curentul fazei a treia I_3 este mereu nul (și deci constant) oricare ar fi valoarea admitanței Y_3 a laturii corespunzătoare a rețelei. Așa cum am observat la început această cale „clasică" este imediată dar nesugestivă. Dacă s-ar trece acum la cazul mai general în care s-ar ține seama de pierderile în bobină și în izolația liniei ($\overline{Y}_L \neq \frac{1}{j\omega L}$; $\overline{Y}_2 \neq j\omega C$; $\overline{Y}_1 \neq j\omega C$) interpretarea rezultatului ar fi greoaie.

Schema echivalentă propusă urmărește determinarea curentului $\overline{I}_3$ (și deci a curentului în canalul defectului $\overline{I}_P = \overline{I}_3 \frac{\overline{Y}_P}{\overline{Y}_3}$) cu ajutorul unei rețele mai simple, cu două ochiuri în care să apară curentul $\overline{I}_b$ al bobinei și curentul capacitiv $\overline{I}_r$ al rețelei. Schema se obține astfel:

— se înlocuiesc cele două laturi generatoare corespunzătoare fazelor *1* și *2* cu o latură generatoare echivalentă (fig. 2) de tensiune electromotoare

$$\overline{U}' = \frac{\overline{U}_1\overline{Y}_1 + \overline{U}_2\overline{Y}_2}{\overline{Y}_1 + \overline{Y}_2} = \frac{\overline{U}_1 + \overline{U}_2}{2} = -\frac{\overline{U}_3}{2}$$

și de admitanță

$$\overline{Y}' = \overline{Y}_1 + \overline{Y}_2 = j\omega\, 2\, C$$

— se introduc apoi în cele 3 laturi care converg la nodul O, tensiuni electromotoare egale cu $\overline{U}_3$ și îndreptate spre O; în conformitate cu teorema lui Vaschy curenții în rețea rămîn neschimbați.

În schema astfel obținută (fig. 3) faza *3* constituie o latură pasivă de admitanță $\overline{Y}_3$ prin care se închid curenții $\overline{I}_b$ și $\overline{I}_r$ ai celorlalte două laturi active (de tensiuni electromotoare $\overline{U}_3$ și $3/2\ \overline{U}_3$ și de admitanțe $\overline{Y}_L$ și $\overline{Y}' = \overline{Y}_1 + \overline{Y}_2 = j\,\omega\,2C$), astfel că $\overline{I}_3 = \overline{I}_b + \overline{I}_r$. Se pot acum examina cazurile care interesează.

1. Dacă defectul constă în punerea francă la pământ a fazei a 3-a avem $\overline{Y}_P \to \infty$, $\overline{Y}_3 \to \infty$, $\overline{Z}_3 = \frac{1}{\overline{Y}_3} \to 0$ și rezultă imediat:

$$\overline{I}_b = \overline{U}_3\overline{Y}_L = \frac{\overline{U}_3}{j\,\omega\,L};\quad \overline{I}_r = \frac{3\,\overline{U}_3}{2}\ \overline{Y}' = U_3\, j\,\omega\, 3\, C$$

acești doi curenți sînt, așadar, în urmă, respectiv înainte cu π 2 față de tensiunea electromotoare a fazei a treia, adică sînt în opoziție de fază (fig. 4), iar curentul rezultant

$$\overline{I}_3 = j\,\overline{U}_3(\omega\, 3\, C - \frac{1}{\omega\, L}$$

se anulează pentru $L = \frac{1}{\omega^2\, 3\, C}$ (condiția de acord).

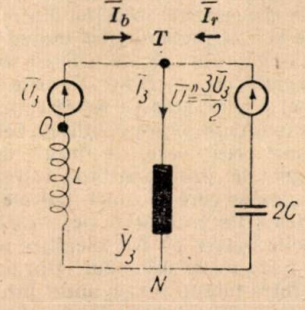


Fig. 3

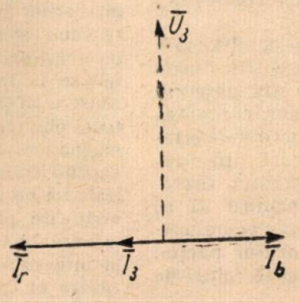


Fig. 4

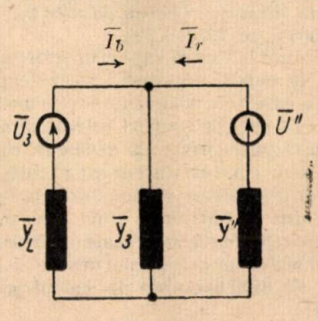


Fig. 5

De observat că valoarea $3C$ a capacității care corespunde acordului nu este neapărat egală cu capacitatea totală a rețelei față de pământ, ci este $3/2 \times$ capacitatea totală a fazelor *1* și *2* față de pământ. Capacitatea fazei cu defect nu joacă evident nici un rol și ea ar putea fi diferită de C

(printr-o aşezare nesimetrică a conductoarelor) fără ca valoarea capacităţii de acord să se schimbe.

2. Dacă nu avem o punere francă la pămînt, prin rezolvarea schemei echivalente se obţine :

$$\bar{I}_b = \frac{\bar{U}_3}{j\omega L}\left[\frac{1}{1+\frac{3j}{\bar{Y}_3}\left(\frac{\omega L-\frac{1}{\omega 3C}}{\frac{L}{C}-j\frac{\omega L}{\bar{Y}_3}}\right)}\right]$$

$$\bar{I}_r' = \bar{U}_3 j\,\omega\,3C\left[\frac{1}{1+\frac{2j}{Y_3}\left(\frac{\omega L-\frac{1}{\omega 3C}}{\frac{L}{C}-j\frac{1}{\omega 3C\bar{Y}_3}}\right)}\right]$$

Se vede imediat că pentru $\omega L - \frac{1}{\omega 3C} = 0$ (acord exact) $\bar{I}_b = -\bar{I}_r = \frac{\bar{U}_3}{j\,\omega\,L}$ şi $\bar{I}_3 = 0$. Pentru valori apropiate de acord se vede că $\bar{I}_b$ şi $\bar{I}_r$ nu mai sînt exact în cuadratură.

3. Dacă ţinem seama şi de pierderile în bobină şi de izolaţia imperfectă a liniei, schema echivalentă se construieşte în acelaşi mod, introducînd admitanţele corespunzătoare $\bar{Y}_L$, $\bar{Y}_1$ şi $\bar{Y}_2$, şi se obţine schema din fig. 5 în care

$$\bar{U}'' = \frac{\bar{U}_{31}\bar{Y}_1 + \bar{U}_{32}\bar{Y}_2}{\bar{Y}_1 + \bar{Y}_2}; \bar{Y}'' = \bar{Y}_1 + \bar{Y}_2$$

iar dacă se poate considera $\bar{Y}_1 = \bar{Y}_2 = \bar{Y}$ avem

$$\bar{U}'' = \frac{3}{2}\bar{U}_3; \quad \bar{Y}'' = 2\bar{Y} = 2\,j\,\omega\,C + 2\,G$$

unde G este conductanţa de izolaţie, în serviciu, a unei faze, faţă de pămînt.

Ing. **A. Timotin**

Referate

Maşini electrice

CZ 621.313.362.016.

Momentul de răsturnare şi putere nominală ale motorului trifazat derivaţie cu colector alimentat în stator. [După *Stier Fr.* Electrotechn. Z.-A., 78 (1957) 2, p. 33—35].

În funcţionarea subsincronă, cuplul motoarelor trifazate reglabile este comparat cu acela al motoarelor nereglate, puternic diminuat. Prin aceasta, în domeniile mari de reglaj, la capacitatea de suprasarcină prescrisă, dimensionarea motorului este influenţată . În articol se expun dependenţa cuplului şi puterii nominale la valorile prescrise ale cuplului şi limitei alunecării, de proprietăţile circuitului de reglaj şi de tensiune de reglaj.

Autorul deduce din calcul o familie de curbe cu ajutorul cărora este posibil, în fiecare caz în parte, să se determine regimul de exploatare a motoarelor trifazate derivaţie cu colector alimentat în stator, cu privire la capacitatea de suprasarcină în funcţionarea subsincronă. Ca mărime de referinţă este dat raportul dintre suma reactanţei X_A independentă de alunecare şi a celei dependente $S_N X_B$ raportată la frecvenţa rotorului la alunecare nominală şi rezistenţa circuitului secundar R_A. Se indică faptul că reactanţele de dispersie ale transformatoarelor din circuitul de reglaj ca şi acelea ale maşinilor, să fie pe cît posibil de mici sau să fie compensate.

M. P.

CZ 621.3.045.53

Repartiţia densităţii de curent în înfăşurări trifazate cu conductoare divizate. [După *Muller G.*, Dtsch Electrotechn., 10 (1956) 6, p. 225—229].

În articol se tratează raportul rezistenţelor din conductoare divizate. În cursul expunerii se evidenţiază deosebirile dintre cazurile în care toate conductoarele unei ancoşe sînt parcurse de acelaşi curent (înfăşurări într-un strat şi înfăşurări în două straturi fără pas scurtat) şi acelea în care conductoarele stratului superior conduc un curent decalat faţă de cel din stratul inferior (înfăşurare în două straturi cu pas scurtat). Cercetările au dus la obţinerea unei scheme care permite să se obţină raportul de rezistenţe ale oricăror înfăşurări cu conducătoare lamelate la orice răsturnare a conductorului parţial următor. Se dau exemple de calcul pentru diverse feluri de înfăşurări.

M. P.

CZ 621.313.333.2:621 316.718 5.077.7

Reglarea vitezei motorului cu inducţie utilizînd reactoare saturabile. [După *P.L.Alger, Y. H. Ku*, Am. Inst. electr. Engrs, III, Power App. & Syst. (1957) 28, p. 1335—1341.]

Se arată că motorul de inducţie alimentat prin reactoare saturabile, poate înlocui motorul de curent continuu sau grupul Ward-Leonard acolo unde se cere o reglare a turaţiei motorului la orice valoare între 100 % într-un sens şi 100 % în sens contrar. Autorii consideră reglarea ca o problemă de modulaţia puterii în funcţie de cuplu şi viteză. Se deduc schemele echivalente şi diagramele circulare la cuplu constant şi curent constant. Puterea reactivă nominală a reactorului în serie cu primarul motorului trebuie să fie 80 % din puterea acestuia. Se poate introduce un reactor şi în secundarul motorului cu inele, performanţele fiind similare. Se dau două exemple de acţionări cu viteză variabilă în care sistemul de reglare a dat rezultate foarte bune. Experienţe de laborator şi acţionări executate confirmă performanţele calculate în limite acceptabile. Limitele aplicării sînt date de consideraţii de randament, mai ales la unităţi mari, la mers intermitent, la cuplu mare pe un interval redus de viteză. Motorul cu două înfăşurări primare permite în acelaşi timp o frînare la o viteză dorită.

A. A.

Transforma'oare electrice

CZ 621.314.2.017.3:621.317.333.8

Efectul încercărilor la impuls asupra pierderilor în fier a transformatoarelor. [După *J. H. Mc Whirter, T. R. Specht, W. D. Albright.* Am. Inst. electr. Engrs. Transact. III. Power App & Syst, (1952) 28, p. 1275—1279].

De prin 1945 s-a observat că după încercarea la impuls a înfăşurărilor de transformatoare în fabrică pierderile în fier cresc puţin. Din 1950 fenomenul a fost urmărit de autori în mod sistematic rezultînd următoarele concluzii : creşterea pierderilor se datoreşte străpungerii izolaţiei dintre tole prin tensiuni electrostatice şi electromagnetice induse în cursul încercărilor. După cum reiese din calcule primele sînt relativ reduse şi de scurtă durată (1 μs) fiind datorite încărcării capacităţii între bobinaj şi miez, aceasta reprezentînd o rezistenţă ohmică prin care tensiunile se pot echilibra. Cele electromagnetice sînt mult mai periculoase, de durată mai lungă, variind liniar de-a lungul tolei, prin care după o străpungere a izolaţiei pe la capete, produc curenţi mari. Calculele au fost verificate prin experienţe de laborator pe un miez model măsurîndu-se tensiunile induse pe foi metalice intercalate la intervale regulate între tolele miezului. Din punctul de vedere al capacităţii între înfăşurare şi miez, prima a fost simulată printr-un ecran conductor dispus în locul înfăşurării. Distribuţia în spaţiu şi desfăşurarea în timp a tensiunilor induse în tole a fost măsurată cu oscilografe catodice.

S-a găsit o suficient de bună concordanţă calitativă cu valorile calculate din teorie, aceste din urmă fiind totuşi mai mari. S-a constatat că dacă numărul de impulsuri întrece 50, pierderile nu mai cresc. Ele rămîn constante după încercările la implus. Dacă tolele miezului se desfac şi miezul se

reclădeşte pierderile revin la valoarea iniţială. În concluzie creşterea pierderilor se datoreşte străpungerii izolaţiei între tole la capete, astfel crescînd curenţii turbionari induşi. Pierderile histerezis nu suferă modificări. Fenomenul nu are alte urmări decît o creştere a pierderilor în fier care s-a redus la aproximativ 2 %. Se continuă cercetări pentru a reduce şi mai mult aceste pierderi suplimentare prin măsuri tehnologice, fără a fi nevoie de întărirea izolaţiei între tole.

A. A.

CZ 621.314.222.064

Efectele undelor de lungă durată, reproducînd supratensiuni de conectare, asupra structurilor izolante din transformatoare. [După *H. E. Fiegel, I. S. Kresge* Am. Inst. electr. Engrs. III,Power App & Syst. (1957) 28, p. 1312—1320].

Se dau rezultatele unor serii de experienţe asupra unor structuri izolante uzuale din transformatoare: eclatoare plane cu vîrfuri, spire apropiate sau în contact, conductoare faţă de miez sau faţă de alte structuri conductoare, toate sub ulei. Undele aplicate au fost: 1,5 × 40 μs, unde lungi cu frunte exponenţială tăiată, unde aproximativ dreptunghiulare, unde 1 000 × 1 700 μs. Rezultatele se dau într-o serie de 13 diagrame şi 3 tabele. Concluziile sînt: factorul de impuls mediu minim la unde de impuls lungi a fost de 1,4 anume în regiunea de 1 000 μs. Pentru timpuri mai mari factorul de impuls creşte. În cazuri particulare s-au obţinut la unde lungi valori de 1,1 dar numai dacă acestea se menţineau şi la unda normală. Factorul de impuls minim la unde dreptunghiulare a fost de 1,1 la 100 μs. La această formă de undă străpungerea se produce rar, mai tîrziu decît după 100 μ s. Curbele tensiune-timp (caracteristica volt-secundă) obţinute cu unde dreptunghiulare şi unde exponenţiale lungi nu au aceeaşi formă. Pentru timpuri sub 100 μs curbele cu unde dreptunghiulare sînt mai joase şi mai orizontale, decît la unde exponenţiale lungi. Deci există o influenţă a formei de undă asupra străpungerii izolaţiei. La unde de 1 000 × 1 700 μ s străpungerile apar numai rar pe spatele undei, deci forma spatelui undei nu are influenţă asupra străpungerii. Nu s-a observat vreun efect de polaritate la unde lungi.

A. A.

Transmisia energiei electrice — Linii electrice

CZ 621.315.1 027.84 :621.314.222

Scheme de transformatoare pentru alimentarea cu energie prin condensatoare de cuplaj montate pe linii de transport de 400 kV. [După *A. M. Dimkov*, Vestn. Electroprom, 27 (1956) 10, p. 4—8].

Pe traseul liniei de transport de energie Kuibişev-Moscova de 400 kV, unele puncte de montaj, ateliere de reparaţii etc.— mult depărtate de centre populate, necesitau alimentarea cu energie electrică. Pentru aceasta s-a ales soluţia montării în serie cu condensatoarele de cuplaj a unui alt condensator, avînd funcţia de preluare de energie si a cărui tensiune poate varia în funcţie de raportul capacităţii sale faţă de cea a capacităţii condensatoarelor înseriate. La bornele condensatorului de mai sus se leagă un grup de transformatoare. Complexul transformatoarelor constă din: a) 3 transformatoare monofazate cu puteri de 12 kVA, tensiunea de mers în gol 24 000 ± 7,15 %/230 V fiind montate Y_0/Y_0; b) 3 reactoare monofazate cu reglajul tensiunii prin comutator; fiecare transformator monofazat împreună cu reactorul respectiv este montat într-o cuvă cu ulei; c) 3 dispozitive de blocaj de înaltă frecvenţă, montate în serie cu reactoarele monofazate. Încercările grupei de transformatoare monofazate s-au făcut la sectorul experimental al liniei de 400 kV, studiindu-se în special comportarea transformatoarelor la variaţii de sarcină.

A. B.

CZ 621.315,1.027.8:621.316 727

Compensarea capacitivă longitudinală în reţele de 110 şi 220 kV. [După *D. E. Artemov, E. A. Mavcenks, G. I. Goliak*, Electricestvo, 76 (1956) 8 pag. 33—39].

Compensarea capacitivă longitudinală a liniilor de transport se face în scopul sporirii capacităţii de transmisiune în cazul liniilor foarte lungi şi supraîncărcate. În cazul liniilor paralele compensarea longitudinală asigură cea mai bună repartiţie a sarcinilor, iar pentru liniile radiale îmbunătăţeşte regimul de tensiune.

În U.R.S.S. această soluţie a fost aplicată liniei de transport Kuibişev — Moscova de 480 MVA. Deoarece proiectarea, construirea şi exploatarea unei astfel de staţiuni este foarte complicată, s-a recurs în prealabil la executarea unor staţii experimentale. Una din ele a fost construită pentru o reţea de 110 kV şi alte două pentru 220 kV.

Articolul de faţă se ocupă de schema şi execuţia constructivă a staţiilor experimentale, dîndu-se toate detaliile atît în privinţa caracteristicilor liniei deservite cît şi în privinţa aparatelor şi condensatoarelor staţiei. Se arată care au fost considerentele care au stat la baza alegerii schemei de conectare a bateriei de condensatoare. Apoi, se tratează problema încercărilor de pornire şi experimentările în general, arătîndu-se rezultatele obţinute. La sfîrşit se indică experienţa căştigată din exploatare, adică suprasarcinile admisibile şi cerinţele pentru puterea de rupere a întreruptoarelor.

S. S.

CZ 621.316.1:621.316.9

Protecţia reţelei de distribuţie. [După *Chabala L. V., Herter T. J.*, R. Westinghouse Eng. 16 (1956) 6 p.183 — 187].

Se arată că reţelele de distribuţie însumează aproape pe jumătate din capitalul investit în utilajul electric şi deci protecţia aceste reţele merită toată atenţia. Se trec în revistă principalele aparate de protecţie, prezentînd fotografiile unor asemenea aparate. Astfel se pot vedea descărcătoare cu rezistenţă variabilă, descărcătoare tubulare, siguranţe fusibile, întreruptoare cu reanclaşare automată, secţionare automate de linie precum şi un aparat de concentrare cu decalaj de timp pentru a evita anclanşarea simultană a numeroase maşini electrice la reaparaţia tensiunii în urma unui defect

Se stabilesc cîteva principii ale unei protecţii eficiente: aparatul de protecţie trebuie să fie adaptat tensiunii şi valorii permanente a curentului: aparatul trebuie să aibă caracteristici nominale mai mari decît valorile ce pot apare, în cazul unui defect; curentul de scurt circuit cel mai mic ce poate apare la capătul unei secţiuni protejate de un aparat trebuie să fie suficient de mare pentru a-l acţiona; trebuie avut în vedere coordonarea caracteristicilor timp-curent ale aparatelor conectate în serie.

I. C.

Cabluri electrice

CZ 621.315.2.027.3:66.047.354

Progrese în uscarea dielectrică a cablurilor de înaltă tensiune [După *K. Brinkman* şi *M. Beyer*, Electrotechn. Z.-A, 77 (1956) 24, p. 881—884].

În ultimul timp în tehnologia cablurilor de înaltă tensiune uscarea dielectrică a făcut progrese care au permis noi cercetări în procesul de uscare. Uscarea dielectrică care se bazează numai pe încălzirea dielectricului de hîrtie al cablului de înaltă tensiune, face posibilă eliminarea în cîteva ore a apei aflate în hîrtie în proporţie de 90 %. Aceasta se face cu ajutorul unui generator de înaltă frecvenţă. Prin acest procedeu timpurile uzuale de uscare au fost notabil diminuate. În scurt timp cablul poate fi încălzit la temperatura dorită. Un alt avantaj apreciabil faţă de încălzirea prin curenţi, constă în posibilitatea de a încălzi într-un recipient comun, cabluri de tensiuni şi secţiuni diferite. Se expun, în continuare, cercetările asupra proceselor undelor la uscare, utilizînd oscilogramele obţinute. Trenul de unde are forma unor oscilaţii amortizate mai mult sau mai puţin extinse după funcţia exponenţială. Timpul între descărcări variază între 100 şi 200 μ s. Se arată procesul de uscare cu exemple şi curbele obţinute. Uscarea dielectrică poate fi considerată ca terminată dacă s-a obţinut temperatura de 110—120°C în cablu şi s-a pierdut 90 % din apa conţinută în hîrtie. Restul de 10 % pînă la umezeala reziduală a hîrtiei dorită se obţine prin vid. Se arată repartiţia căldurii în cablu şi procesul de deshidratare al hîrtiei cu exemple asupra unui cablu de 33 kV. În încheiere, se arată posibilităţile de utilizare ale acestui procedeu la cabluri de diverse tensiuni şi se indică într-o tabelă durata de uscare pentru diferite cabluri.

M. P.

Recenzii

CZ 621.372. : 517.433

ANDRONESCU PL. : Aplicarea calculului operaţional în studiul circuitelor electrice, Ed. Tehnică, Bucureşti, 1957, broş,. A5, 192 pag.

Orice carte despre calculul operaţional suscită astăzi un viu interes în rîndurile inginerilor. Se simţea de mult nevoia unei metode expeditive şi eficace pentru calculul fenomenelor transitorii. Electricienii au intervenit în mod creator în dezvoltarea instrumentului matematic necesar cercetării acestor fenomene în circuitele electrice. Pionieri ca Heaviside, Giorgi, K. W. Wagner, J. Carson, van der Pool, Ditkin şi alţii au trasat drumuri noi şi îndrăzneţe făcînd deseori apel la simţul lor practic şi neglijînd uneori rigoarea obişnuită a calculelor matematice. Abia mai tîrziu matematicienii au intervenit spre a funda noua teorie pe baze solide, pentru ca azi calculul să fie perfect lămurit, legîndu-se de transformaţia funcţională a lui Laplace. Intervenţia matematicienilor a avut şi dezavantaje, datorite generalizării inerente a teoriei şi desprinderii ei de substratul fizic. Legătura cu aplicaţiile concrete a slăbit.

Cartea profesorului Andronescu întăreşte această legătură făcînd punte între calculul operaţional al lui Heaviside, teoria funcţiilor, transformata Laplace transformata inversă Mellin-Bronwich şi problemele transitorii ale circuitelor electrice.

Materia se desfăşoară în trei capitole mari, care urmează unei scurte introduceri. Primul capitol aduce pe scurt noţiunile teoretice fundamentale necesare pentru mînuirea justă a calculului operaţional : descompunerea raportului a două polinoame într-o sumă de fracţii simple, o scurtă trecere în revistă a teoriei funcţiilor de variabilă complexă, două paragrafe privind reprezentarea complexă a mărimilor momentane, formele integralei Fourier şi, în fine, un paragraf referitor la calculul diferenţial simbolic.

Al doilea capitol intră în fondul studiului circuitelor electrice cu ajutorul metodei clasice şi al metodei operaţionale. Pe un exemplu concret se urmăreşte calculul clasic pentru a arăta apoi regulile calculului operaţional şi teoremele de inversiune ale lui Heaviside şi Fourier-Mellin. Se discută separat cazul aplicării bruşte a unei tensiuni constante şi a unei tensiuni sinusoidale.

Un al treilea capitol conţine exemple de aplicare a calculului operaţional la studiul circuitelor electrice cu constante concentrate şi repartizate. Aici se calculează în detaliu cîteva exemple tehnice concrete, ca fenomenele transitorii la conectarea unor bobine cu miez de fier, a transformatoarelor, mutatoarelor şi cablurilor de tip Thomson. O scurtă bibliografie închide lucrarea.

Lucrarea nu este un manual didactic propriu-zis, domeniul acoperit necesitînd în acest stil un volum mult mai mare. Cu toate acestea nu se poate spune că un cititor studios nu ar putea să înveţe pe baza materialului prezentat să mînuiască bine calculul operaţional. Nu este nici o simplă culegere de probleme, deoarece tratează pe larg principiile fundamentale ale teoriei, cu toate că uneori teoremele sînt deduse pe exemple, iar aplicaţiile se calculează pînă în cele mai mici detalii. Un dascăl cu o mare experienţă în predarea teoriei electricităţii trece în această carte în revistă cvintesenţa teoriei şi aplicaţiilor electrice ale calculului operaţional. Fără a se ţine prea mult de o coeziune strînsă a materiei şi fără a da explicaţii prealabile, de ce expunerea urmează un anumit curs, profesorul Andronescu ne conduce totuşi cu mînă sigură prin labirintul problemelor pe care le implică metoda operaţională. Sfatul ce se poate da cititorului este de a nu discuta cu autorul înainte de a fi studiat bine cartea. Materia este expusă astfel încît necesită un studiu amănunţit cu creionul în mînă. Nu poate fi vorba de o lectură uşoară superficială, deoarece cartea nu este scrisă pentru a fi consultată sumar. Se recomandă, deci, a se citi întîi cartea cunoscută a lui Kontorovici şi a se studia abia apoi această lucrare.

În disputa dintre electricieni şi matematicieni profesorul Andronescu se alătură — fără discuţie — electricienilor, prin însăşi formulările fundamentale. După cum se vede, tentaţia electricienilor de a calcula cu tensiuni, curenţi, admitanţe, impedanţe, fluxuri este mult prea mare, decît să se abandoneze în lumea pură a numerelor, cu care calculează exclusiv matematicienii.

Observaţii critice i se pot aduce cărţii multe, ceea ce confirmă încă o dată originalitatea expunerii. Discuţia este deschisă. O întrebare ce se poate pune : De ce se evită aplicarea directă a transformatei Laplace în multe exemple şi se scriu ecuaţiile simbolic (§9/III—51), cînd acest ultim mod nu este valabil decît pentru condiţii iniţiale nule . De fapt, în cazul contrar (§15/III—83) autorul nu uită a aplica regula diferenţierii cu includerea valorilor iniţiale. Ca şi trecerea la ecuaţia integrodiferenţială pentru determinarea funcţiei $F(p)$ aceasta înseamnă, de fapt, aplicarea transformatei Laplace.

Observaţii ce se pot face : În noua metodă de deducere a formulei dezvoltării a lui Heaviside (p. 60) ultima formulă pe pagina 61 poate surprinde pe cititor (în afară de greşeala de tipar din exponent) deoarece anterior nu s-a specificat înţelesul factorului 1 introdus de Heaviside. Ea este de fapt o relaţie funcţională de trecere de la imagine la original.

Pentru exemplificarea aplicaţiei transformatei Laplace se studiază comportarea tranzitorie a unui regulator de viteză. Exemplul nu este din electrotehnică, dar ilustrează bine pe de o parte transformarea experimentală a funcţiei imagine, pe de altă parte confirmă că în probleme de reglaj funcţia de transfer se exprimă mai bine cu ajutorul transformatei Laplace, decît cu calculul simbolic.

Exemplul de la pag. 50 de aplicarea metodei clasice calculat pînă la sfîrşit demonstrează cît se poate de clar avantajele metodei simbolice şi operaţionale.

Cu toate că $F(p)$ nu este totdeauna o impedanţă operaţională (ca la pag. 187), totuşi credem că pentru începători nu strică să se dea acest sens, cînd se lucrează cu tensiuni şi curenţi (legea lui Ohm). În prezenţa unui condensator încărcat se calculează mai uşor cu tensiuni şi sarcini, în consecinţă $F(u)$ îşi schimbă dimensiunea şi denumirea de funcţie caracteristică este indicată. Dar acest caz intervine destul de rar.

Cîteva observaţii formale : Semnele matematice se scriu conform STAS cu litere drepte, iar mărimile fizice cu cursive. Dacă editura s-ar fi ţinut de această regulă, atunci în toată cartea, dar mai ales în exemplul de aplicare III. §6 densitatea de curent nu se confunda cu funcţiile Bessel J_0 şi J_1 (ec. III—32), iar diametrul d al conductorului nu se confunda cu semnul d al diferenţierii. Este un noroc că autorul din motive bine determinate nu înseamnă tensiunea aplicată cu e, ci cu u pentru că s-ar fi confundat cu baza logaritmilor naturali. În probleme de linii lungi se putea face economie de steluţe pentru parametrii raportaţi la lungime, dacă înţelesul notaţiilor se specifica la început, aşa cum se face în mod obişnuit.

Editura tehnică a făcut un efort apreciabil pentru a prezenta cartea în cele mai bune condiţii. Erata este scurtă, dar de fapt au mai rămas unele greşeli de tipar în text. Preţul de 7 lei nu poate decît să bucure pe studenţii şi tinerii ingineri electricieni cărora li se adresează în primul rînd cartea.

Prof. dr. ing. **A. Avramescu**

Cea de a II-a consfătuire națională asupra automatizării industriale

CZ 621—52 : 338.062.214 :061.3 (R)

În zilele de 5—8 iunie 1957 a avut loc a doua consfătuire națională asupra automatizărilor industriale organizată de Comisia de automatizări de pe lîngă Prezidiul Academiei R.P.R. Scopul consfătuirii a fost să se examineze progresele realizate la noi în țară și în țările vecine în domeniul automatizărilor, să se constate lipsurile și dificultățile întîmpinate și să se indice măsurile cele mai potrivite pentru o mai bună desfășurare a lucrărilor în viitorul apropiat. Un colectiv relativ restrîns din Comisia de automatizare și-a asumat sarcina dificilă de a pregăti și organiza în amănunte această consfătuire. Putem să afirmăm că această sarcină a fost dusă la bun sfîrșit în cele mai bune condiții.

La consfătuire au participat un număr de aproximativ 15 delegați din țările vecine și prietene : U.R.S.S., R. P. Polonă, R. P. Ungară, R. P. Bulgaria, R. Cehoslovacă și R. P.F. Iugoslavia. Mulți dintre delegați au participat cu comunicări originale interesante în ședințele plenare și în cele de lucru pe secții. Ei au comunicat consfătuirii stadiul lucrărilor de automatizare din țările lor astfel încît a fost posibil să se tragă concluzii extrem de importante asupra fazei de dezvoltare actuală în țara noastră.

Prima zi, 5 iunie, a fost rezervată unor ședințe plenare festive, de deschidere, de salut al delegațiilor străine și din țară, reprezentînd diferite instituții cointeresate. La aceste ședințe prezidate de Acad. prof. *I. S. Gheorghiu* s-au făcut și unele comunicări cu caracter general asupra stadiului de dezvoltare a automatizărilor în diferite țări : în U.R.S.S. prezentată de prof. *N. N. Sumilovski* din Moscova *I. Beneș* din R. Cehoslovacă, prof. *Lebson* din R. P. Polonă și prof. *D. Mitrovici* din R. P. F. Iugoslavia. Asupra progreselor din țară au referit ing. *G. Ioanin* reprezentînd pe acad. *Gr. Moisil* asupra teoriei schemelor cu contacte și relee, conf. *C. Penescu* asupra automatizărilor în sistemele energetice, conf. *D. Damsker* asupra automatizărilor în industria metalurgică, ing. *M. Maris* asupra automatizărilor și semnalizărilor de cale ferată, dr. ing. *A. Avramescu* asupra terminologiei în automatizări în fine ing. *I. Papadache* asupra cadrelor necesare automatizărilor industriale.

Lucrările consfătuirii s-au desfășurat apoi în trei secții paralele în zilele de joi și vineri, avînd în vedere numărul mare de comunicări programate.

Secția I. *Bazele teoretice ale automatizării* s-au prezentat 27 de comunicări dintre care trei de către delegați străini, îmbrățișînd un domeniu foarte larg de la considerațiile cele mai generale și abstracte pînă la principiile de calcul și de proiectare a unor dispozitive concrete. Cu excepția unor prezentări de sinteză comunicările au avut un înalt nivel științific și pronunțat caracter de originalitate. Comunicările au fost urmate de vii discuții, un interes deosebit stîrnind discuțiile cu și între delegații străini. În principiu s-a constat că activitatea teoretică privind automatizările se îndreaptă în țara noastră înspre anumite aspecte caracteristice, legate de aplicații specifice sau de preocupări preferate de specialiștii noștri. Astfel colectivul condus de acad. *Gr. Moisil* aplică algebra logică și imaginarele lui Galois cu mult succes la studiul schemelor electrice cu contacte și relee. Avînd în vedere importanța deosebită a cercetărilor cu caracter general pentru progresul științelor aplicate, succesul colectivului va depinde în mare măsură de realizarea unor legături cît mai strînse cu colectivele de ingineri care lucrează probleme concrete din domeniul automatizărilor și acționărilor. Un exemplu semnificativ în acest sens l-a dat aplicarea calculului logic la găsirea schemelor optime pentru semnalizările de cale ferată. Cu această ocazie s-a arătat însă că algebra logică nu poate singură acoperi toate condițiile impuse, ci mai trebuie să se facă apel și la teoria probabilităților.

Alte aspecte tratate în comunicări s-au referit la rolul cibernetic i și dinamicii statistice în teoria regulatoarelor, programate în teoria informațiilor criteriilor de stabilitate, procesele transitorii în circuite de reglare cu elemente neliniare cu aplicații la mașini amplificatoare, rețele corectoare active, analiza simplificată și sinteza servosistemelor, simularea electronică etc. O parte din comunicările cu caracter electrotehnic se vor refera în cele ce urmează

Secția a II-a. *Problemele generale în legătură cu automatizarea, măsurarea și controlul proceselor de producție* s-au prezentat și dezbătut 28 referate. Ele au ca obiect : mașinile de calcul electronice, calculul, proiectarea, construcția și comportarea sistemelor de reglare automată.

Din lucrări și discuții, a reieșit că există o preocupare serioasă pentru studiul și perfecționarea elemenetelor moderne din sistemele de automatizare cît și pentru perfecționarea studiului și proiectării schemelor cu mașini amplificatoare, amplificatoare magnetice, transistoare. S-a realizat în țara noastre o primă mașină de calcul numerică denumită CIFA I și se lucrează la altele mai perfecționate cît și la realizarea primelor mașini analoge, foarte importante pentru studiul comportării mașinilor și sistemelor electrice.

Secția a III-a. *Automatizare, măsurare și control tehnologic în diferite industrii*, a pus în discuție și referate din cele mai diferite ramuri industriale, ilustrînd domeniul foarte larg de aplicare a automatizărilor.

Din industria petrolului, cea chimică, industria ușoară textilă, alimentară, electro-energetică, metalurgică, în comunicații s-au prezentat realizări variate. Din lucrările și din discuțiile susținute s-a constatat, că există o preocupare pentru introducerea automatizărilor în diferite industrii, că în diferite întreprinderi și instituții s-au creat colective care lucrează cu succes la aplicarea și extinderea automatizărilor. Totuși aceste preocupări lipsesc în multe întreprinderi, iar între colectivele de specialitate nu s-au stabilit încă o legătură suficient de strînsă pentru a se beneficia de schimb de experiențe, documentații etc. În concluzie realizările din industrii nu urmează ritmul rapid al cercetărilor teoretice și al studiilor de proiectare. La ședința de închidere s-a făcut observația generală că studiile și realizările în domeniul dispozitivelor electrice de automatizare au avut o pondere foarte mare în cadrul consfătuirii, neglijîndu-se sistemele cu elemente mecanice, pneumatice, hidraulice, Aceasta este o lipsă dar ea se datorește în parte și lipsei de interes a specialiștilor din aceste domenii. S-a mai făcut constatarea generală că rezultatele studiilor și cercetărilor efectuate nu se difuzează în mod satisfăcător în masa largă a inginerilor și tehnicienilor din producție și exploatare*) De asemenea s-a constatat că realizările nu se concentrează asupra acelor sectoare a căror pondere în economia națională este cea mai mare.

În consecință la ședința de închidere s-a și făcut recomandarea ca sectoarele importante să fie studiate în primul rînd. Automatizarea nu se poate introduce în bloc și în scurt timp. Trebuie să se înceapă întîi cu automatizarea comenzilor deci cu introducerea sistemelor cu circuit deschis, pentru ca apoi în a două etapă să se treacă la introducerea de reglări automate și urmăriri de cicluri prin aplicarea de sisteme automate cu circuit închis.

În concluzie se poate spune că a II-a Consfătuire națională asupra automatizărilor a fost un prilej pentru stabilirea situației actuale în introducerea automatizărilor, descoperirea lipsurilor și formularea unor angajamente și deziderate menite să susțină și mai mult în viitor munca acelora care activează pentru introducerea tehnicii noi și contribuie la eliberarea muncitorului de munci grele și istovitoare.

A. A.

*) În acest sens apariția revistei ASIT Automatica și Electronica Industrială satisface unei nevoi largi simțite, și va putea îmbunătăți radical situația.

Rezoluţia secţiei Energetică şi Electrotehnică în cadrul celui de-al II-lea Congres A. S. I. T.

București, iulie, 1957

I. Inginerii şi tehnicienii participanţi la şedinţa secţiei Energetică şi Electrotehnică la cel de-al II-lea Congres ASIT constată cu satisfacţie că în anii primului cincinal baza energetică, industria electrotehnică şi telecomunicaţiile au cunoscut în ţara noastră o mare dezvoltare, de-a lungul căreia s-a urmărit şi o raţională folosire a surselor de energie, creşterea nivelului tehnic al instalaţiilor, al exploatării acestora, al proceselor de producţie şi al calităţii produselor, precum şi o bună organizare a acestor procese.

Astfel, s-a urmărit realizarea primei etape a planului de electrificare de 10 ani, dublîndu-se aproape puterea instalaţiilor producătoare de energie electrică prin dezvoltarea în special a instalaţiilor din sectorul Departamentului Energiei Electrice şi au crescut considerabil şi instalaţiile de transport şi distribuţie şi în special cele de înaltă tensiune, în aceste sisteme realizîndu-se interconectarea centralelor electrice în proporţie de 60% din totalul puterii instalate în aceste centrale.

Prin ridicarea nivelului tehnic al exploatării instalaţiilor electro-energetice s-au influenţat favorabil indicii calitativi şi economia producţiei.

In sectorul energeticii industriale s-au realizat unele refaceri şi ameliorări de instalaţii de distribuţie a energiei electrice, au avut loc acţiuni numeroase pentru ameliorarea factorului de putere, de reducere a consumurilor specifice, de îmbunătăţire a protecţiei contra supratensiunilor ş. a.

Industria electrotehnică a reuşit să acopere în mare parte necesităţile economiei naţionale de echipament, utilaj şi material electrotehnic, fabricînd o gamă bogată de sortimente. Rezultate bune s-au obţinut în acest sector prin concentrarea întreprinderilor în unităţi mari, înzestrarea cu maşini unelte noi şi laboratoare pentru încercarea materialelor şi produselor, introducerea unor procedee tehnologice noi, realizarea unor materiale cu calităţi superioare ş. a.

Telecomunicaţiile s-au dezvoltat în primul cincinal prin modernizarea reţelelor şi echipamentelor existente şi prin extinderea lor pe baza tehnicii noi.

Institutele departamentale de studii, cercetări şi proiectări, precum şi Institutul de Energetică al Academiei R.P.R. au executat în mare parte din studiile, cercetările şi proiectele care au stat la baza realizărilor sectoarelor menţionate.

Asociaţia Ştiinţifică a Inginerilor şi Tehnicienilor prin secţia Energetică şi Electrotehnică a urmărit dezbaterea, cunoaşterea, soluţionarea unora din problemele mai importante ale sectorului respectiv, ridicate de dezvoltarea industrială ce a avut loc în anii primului plan cincinal, multe din acestea interesînd şi o serie de alte ramuri de asemenea în plină dezvoltare.

Prin tratarea acestor probleme secţia a pus pe baze tehnico-economice superioare organizarea şi procesele tehnologice în unele întreprinderi, a făcut cunoscute ştiinţa şi tehnica modernă, a promovat spiritul de cercetare şi a creat unele legături de lucru necesare între diferite întreprinderi sau ramuri industriale, în sprijinul inginerilor şi tehnicienilor din producţie.

II. Faţă de aceste realizări au existat o serie de lipsuri dintre care unele de o importanţă deosebită.

In sectorul energetic, exploatarea surselor de energie şi utilizarea energiei au avut un nivel calitativ nesatisfăcător. Numeroase instalaţii producătoare şi mai ales consumatoare de energie de toate formele şi în special cele termice sînt într-o stare precară, lipsite de aparate de măsură şi control, cu personal de exploatare adesea necorespunzător. Dezvoltarea reţelelor de transport şi distribuţie a rămas în urmă faţă de necesităţile actuale, ducînd prin aceasta la micşorarea siguranţei de alimentare şi la o calitate uneori nesatisfăcătoare a energiei electrice furnizate. Pierderi însemnate de energie au loc atît în reţele cît şi la consumatori; nu se acordă atenţia cuvenită economisirii de energie.

Electrificarea în general şi electrificarea rurală în special sînt încă departe de o situaţie satisfăcătoare.

In sectorul electrotehnic materialele necorespunzătoare folosite, tehnologia la nivel scăzut determină încă realizarea unor produse cu gabarit mare, cu preţ de cost ridicat şi cu caracteristici de funcţionare nesatisfăcătoare.

Dezvoltarea telecomunicaţiilor nu s-a realizat întotdeauna în mod coordonat, ci adesea prin rezolvarea diferitelor probleme pe măsură ce apăreau imperioase, ceea ce a dus la încărcarea neraţională a instalaţiilor existente, la construcţii care nu se racordează cu perspectivele de dezvoltare în viitor şi la echiparea reţelelor cu o mare diversitate de sisteme.

De asemenea echipamentele şi materialele folosite, realizate în ţară sau procurate din import, adesea de calitate necorespunzătoare, nu au permis obţinerea unor audiţii telefonice satisfăcătoare.

In ceea ce priveşte cadrele tehnico-inginereşti, trebuie menţionat că acestea nu sînt întotdeauna folosite în conformitate cu specialitatea lor şi nu s-a dus o acţiune sistematică de ridicarea nivelului tehnico-profesional; această lipsă este deosebit de simţită la pregătirea maiştrilor.

Lipsa sau accesibilitatea redusă a documentaţiei străine precum şi preţul ridicat stabilit pentru unele reviste şi cărţi tehnice au frînat pregătirea de specialitate.

Activitatea de specialitate a ASIT-ului a privit într-o măsură insuficientă toate aceste probleme nerezolvate din sectoarele energetic şi electrotehnic şi într-o serie de cazuri aplicarea măsurilor stabilite n-a fost urmărită cu stăruinţă. Între secţia centrală şi secţiile corespunzătoare din filiale a existat o slabă legătură, ceea ce nu a permis dezvoltarea şi îmbunătăţirea activităţii tehnico-ştiinţifice într-o măsură mai mare.

III. Faţă de cele constatate, participanţii la lucrările secţiei Energetică şi Electrotehnică propun pentru dezvoltarea cu succes a ramurilor energetică, electrotehnică şi telecomunicaţii, următoarele măsuri:

1. ÎN SECTORUL ENERGETIC

a) Să crească ponderea lucrărilor energetice în ansamblul lucrărilor de industrializare, spre a obţine astfel un real avans al electrificării faţă de dezvoltarea industriei.

b) Să se îmbunătăţească raportul dintre instalaţiile de producere hidroenergetice şi cele termoenergetice, spre a folosi energia permanentă a apelor şi a acoperi mai uşor şi economic curba de sarcină.

c) Să se accelereze amenajarea hidroenergetică a Dunării inferioare, ceea ce va face posibilă obţinerea unor mari cantităţi de energie din resurse inepuizabile.

d) Să se desăvîrşească interconexiunea sistemelor energetice din ţară; de asemenea să se realizeze interconexiunea internaţională.

e) Să se extindă termoficarea industrială şi să se introducă termoficarea urbană acolo unde ea este justificată, spre a obţine avantajele economice deosebite ce decurg din aceste lucrări.

f) Să se dezvolte cu precădere instalaţiile de transport şi distribuţie pentru electrificarea integrală. In acest scop trebuie rezolvate problemele privind producerea stîlpilor de beton, reglajul tensiunii, îmbunătăţirea factorului de putere şi ridicarea tensiunii de exploatare la liniile în funcţiune.

g) Să se automatizeze, simplifice și să se ieftinească instalațiile din centrale și stații și să se reducă personalul de serviciu prin lărgirea zonelor de deservire.

h) Să se realizeze mersul economic, reducîndu-se consumul specific de combustibil, consumul propriu tehnologic al centralelor electrice și pierderile de energie în rețelele de transport și distribuție.

2. IN SECTORUL ENERGETICII INDUSTRIALE

a) Să se ridice randamentul energo-tehnologic al proceselor industriale prin stabilirea regimului just de funcționare al utilajelor tehnologice, folosirea resurselor energetice secundare, îmbunătățirea sau chiar schimbarea proceselor tehnologice, ceea ce implică printre altele o strînsă colaborare a energeticilor, cu tehnologii și institutele de cercetări.

b) Să se acorde importanța cuvenită și să se treacă la primele lucrări de electrificare a căilor ferate deoarece fac posibile economii de combustibil superior.

c) Să se îmbunătățească exploatarea instalațiilor energetice de distribuție interioară și de consum, prin recondiționarea și modernizarea acestora, dotarea cu aparate de măsură de control, îmbunătățirea factorului de putere, introducerea automatizării, ridicarea nivelului tehnic al personalului energetic precum și cointeresarea în economia exploatării etc.

d) Să se întocmească regulamentele de funcționare și schemele de organizare ale unităților energetice din ministere, direcții generale industriale și din întreprinderile industriale.

3. IN SECTORUL ELECTROTEHNIC

a) Să se profileze și specializeze întreprinderile ținîndu-se seama de specificul de producție respectiv, de utilajele existente și de specializarea cadrelor. Profilul stabilit să sufere cît mai puține fluctuații. Să se asigure caracterul de producție de serie economică.

b) Să se reasimileze produsele învechite la nivelul tehnicii mondiale și să se mărească sortimentele, asimilarea făcîndu-se pe bază de serii la grupele de produse.

c) Să se ridice nivelul tehnologic al producției prin:

— analiza critică a activității de proiectare tehnologică din fabrici, ținîndu-se seama de indicii de productivitate și de consum de materiale și de adaptare a circuitului tehnologic la structura organizatorică a întreprinderii;

— aplicarea consecventă a proceselor tehnologice avansate în prelucrarea pieselor;

— înlocuirea continuă a prelucrărilor prin așchieri, utilizîndu-se pe scară largă stanțarea și masele plastice, precum și deservirea automată a preselor;

— mecanizarea operațiilor de montaj;

— aplicarea pe scară largă a electrotehnologiei;

— formarea de cadre de tehnologi și de proiectanți de scule și asigurarea stabilității acestora;

— mărirea sculăriilor și calificarea cadrelor de matrițieri;

— echiparea industriei electrotehnice cu utilaje specializate și de mare productivitate;

— completarea laboratoarelor și standurilor de probă.

d) Să se asigure materialele necesare realizării unor produse electrotehnice de bună calitate și de un nivel tehnic ridicat ca de exemplu:

— îmbunătățirea calității la tabla silicioasă pentru mașini electrice rotative și punerea în fabricație a tablei silicioase pentru transformatoare;

— fabricarea în cantități suficiente și de o calitate corespunzătoare a tablei superioare și a materialelor arcuitoare;

— fabricarea materialelor rezistive;

— fabricarea sîrmelor corespunzătoare de aluminiu pentru conductoare electrice;

— dezvoltarea izolanților noi, de calitate superioară și mărirea producției de policlorură de vinil de calitate corespunzătoare pentru electrotehnică;

— fabricarea rășinilor de turnare pentru transformatoarele de măsură;

— dezvoltarea producției de lacuri email, pe bază de rășini sintetice, precum și a lacurilor de impregnare;

— producerea de izolanți de calitate superioară pentru sîrmă de aluminiu;

— realizarea în țară a materialelor electroizolante, fabricate din deșeuri de mică;

— fabricarea de mase plastice diferite, pentru lărgirea sortimentului de materiale de instalații;

— asigurarea în țară a materiilor prime în vederea realizării semiconductoarelor.

4. IN SECTORUL TELECOMUNICAȚII

a) Să se coordoneze diferitele lucrări și rețele de telecomunicații, aparținînd diferitelor organizații și să se concentreze, acolo unde este posibil. Proiectele respective să fie în prealabil avizate de Departamentul Poștelor și Telecomunicațiilor.

b) Să se asigure o colaborare strînsă între proiectanții de rețele electrice și cei de telecomunicații, pentru rezolvarea în comun a protecției contra perturbațiilor.

c) Să se dezvolte studiile și cercetările în vederea rezolvării problemelor privind calitatea izolatoarelor de sticlă, impregnarea rațională a stîlpilor de lemn, injectarea stîlpilor plantați, degradarea învelișului de plumb al cablurilor suspendate pe stîlpi, fabricarea în țară a transformatoarelor telefonice ș. a.

d) Să se tipizeze materialele și să se uniformizeze echipamentele de telecomunicații.

e) Să se organizeze un import rațional de materiale și piese de calitate superioară.

f) Să se dezvolte baza industrială pentru fabricarea la nivelul tehnicii mondiale a pieselor de schimb, aparatelor și echipamentelor de consum larg.

g) Să se îmbunătățească calitatea produselor de telecomunicații pe baza unor prototipuri moderne.

h) Să se prelungească durata de utilizare a stîlpilor de brad pînă la cel puțin 30 de ani, prin îmbunătățirea metodelor și materialelor de creuzotare.

i) Să se difuzeze cît mai larg documentația tehnică de specialitate din țară și din străinătate.

j) Să se asigure o colaborare cît mai strînsă între inginerii și tehnicienii de telecomunicații din învățămînt, întreprinderi și instituții.

k) Să se urgenteze lucrările de investiții pentru modernizarea sistemului de telecomunicații.

*

Să se folosească intercooperarea întreprinderilor industriale în regiuni în vederea evitării paralelismelor și pentru

găsirea soluțiilor cele mai economice de organizare a unor sectoare sau secții, pentru deservirea comună a mai multor întreprinderi, ca de exemplu turnătorii, ateliere de reparare a utilajelor energetice, a aparatelor de măsurat și în special termotehnice etc.

*

5. SECȚIEI ENERGETICĂ-ELECTROTEHNICA ASIT

îi revine îndeplinirea următoarelor sarcini :

a) Să aducă contribuții la rezolvarea unor probleme importante cum ar fi :

— elaborarea planului de dezvoltare energetică a țării ;

— dezvoltarea termoficării industriale și urbane ;

— dezvoltarea rețelelor electrice, pentru electrificarea integrală ;

— ridicarea randamentului energo-tehnologic din întreprinderile industriale ;

— extinderea și modernizarea iluminatului public ;

— studiul organizării, salarizării și premierii activității energetice industriale ;

— reasimilarea produselor electrotehnice și ridicarea nivelului tehnologic ;

— tipizarea materialelor și ehipamentelor de telecomunicații ;

— modernizarea sistemului de telecomunicații.

b) Să realizeze o largă activitate de informare a inginerilor și tehnicienilor, privind cele mai recente realizări tehnico-științifice din țară și din străinătate, prin :

— dezvoltarea legăturilor cu organizațiile internaționale de specialitate prin Comitetul Național Romîn ;

— schimb de ingineri și tehnicieni, în cadrul unor excursii cu caracter de informare tehnică, în țările prietene ;

— organizarea periodică de conferințe ale electricienilor pentru promovarea spiritului de cercetare și a schimbului de cunoștințe între specialiști ;

— difuzarea largă a materialelor rezultate din conferințe, excursii etc.

— facilitarea procurării de reviste și cărți străine.

c) Să se organizeze cît mai corespunzător secția de Energetică și Electrotehnică. Să se lărgească competența secției și la probleme de electronică industrială și energetică nucleară. Să se aleagă în noul comitet specialiști din diferite centre industriale.

d) Să se realizeze o organizare corespunzătoare a energeticilor industriali în cadrul secției de specialitate sau de către comitetele de filiale.

e) Să se mobilizeze activitatea cercurilor ASIT din întreprinderi de către secțiile de specialitate din filiale și subfiliale și să se atragă conducerile întreprinderilor la folosirea activității cercurilor respective și a asociației în general.

f) Secția energetică și electrotehnică să prevadă secțiuni centrale și în filiale pentru introducerea preocupărilor de cercetare tehnico-științifică în laboratoarele și serviciile tehnice ale întreprinderilor.

g) Să se realizeze bune legături de lucru între cercurile ASIT și organele sindicale.

h) Să se folosească cît mai mult colaborarea cadrelor de specialitate din învățămîntul tehnic superior în activitatea secției de specialitate.

i) Să se extindă inițiativa unor filiale, de calificare a personalului de deservire a instalațiilor termice și de ridicare a nivelului profesional al personalului energetic industrial, recomandîndu-se ca aceste cursuri să se facă cu scoaterea din producție a personalului respectiv.

j) Să se realizeze o ședință la nivelul Consiliului Central, cu conducerile ministerelor și direcțiilor generale industriale în problemele de energetică industrială, așa cum a fost prevăzut în alte rezoluții ale secției.

k) Să se continue acțiunea începută, de stabilire, normare și reducere a consumului de energie de toate formele, prin crearea unei mișcări de masă în rîndurile inginerilor și tehnicienilor din întreprinderi.

Să se îndrumeze cercurile ASIT din întreprinderi pentru mobilizarea maselor largi de tehnicieni în realizarea reglajului curbei de sarcină.

l) Revistele Energetica și Electrotehnica să oglindească într-o măsură mai mare realizările tehnice din țara noastră.

Secția Energetică și Electrotehnică să mobilizeze specialiștii pentru elaborarea de materiale în acest sens.

m) Corespunzător cu sarcinile sporite pe care secția și le asumă, trebuie să se asigure condițiile materiale necesare, condiții ce se pot realiza atît de către Asociație cît și prin contribuția ministerelor și întreprinderilor interesate, în măsura în care vor considera eficientă și valoroasă activitatea noastră.

*

Cu participarea activă a inginerilor și tehnicienilor de specialitate, secția Energetică și Electrotehnică a Asociației noastre va putea realiza aceste obiective în sprijinul celor ce se străduiesc să ridice pe trepte superioare activitatea și realizările din ramurile energetică, electrotehnică și telecomunicații.

СОДЕРЖАНИЕ

Д. К. 621.2 : 061.3 CEI.

Послание президента Международной электротехнической комиссии д-ра Д. Даншата.

Electrotehnica V (1957) 7. стр. 197

Д. К. 621.3 : 061.3 CEI.

Делегатам Международной элекротехнической комиссии.

Electrotehnica V (1957) 7. стр. 198

Д. К. 621.318.423.041.1

Moraru A.

Оптимальные размеры катушек с железным сердечником при данном коефициенте потерь.

Electrotehnica V (1957) 7, стр. 198

Рассматриваются условия при которых коефициент потерь катушки с железным сердечником имеет минимальное значение при минимальном расходе активных материалов. Предлагаются практические формы катушек с железным сердечником, обеспечивающие высокие качества п хорошее употребление активных материалов. Таким образом проектирование катушек становится более рациональной.

Д. К. 621.313.32 : 517.433.

Manea Fl.

Операционные уравнения синхронной машины в векторных представляющих реэультатных координатах.

Electrotehnica V (1957) 7. стр. 210

Употребляется матричное иссчисление для изложения уравнений и преобразования переменных и выводятся дифференциальные уравнения синхронрой машины в векторных представляющих результатных координатах. Посредством пребразования Лапласа выводятся общие операционные уравнения. В числе примеров рассчета исследуются переходвые режимы токов при симметричных и несимметричных коротких замыканиях.

Д. К. 621.314.224.8.088.

Semlyèn A.

Современные методы компенсирования трансфраторов тока; частные случаи намагничевания.

Electrotehnica V (1957) стр. 218

Рассмотренны важнейшие современные методы компенсирования трансформаторов тока и показано на основе эквивалентной схемы установленой для трансформаторов с противонамагничеванием, что все эти методы представляют собой частные случаи противонамагничевания; При этом компенсирование напряжения нагрузки производится одним или двумя сердечниками.

ЗАМЕТКИ

Д. К. 621.315.1.025.3 : 621.316.935.

Timotin Al.

Эквивалентная схема трехфазной сети с гасительной катушкой Петерсена.

Electrotehniea V (1917) 7 стр. 224

РЕФЕРАТЫ стр. 227
РЕЦЕНЗИИ стр. 228
ХРОНИКА стр. 229
ИЗ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АСИТ-а. стр. 230

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.3 :061.3 C.E.I.

Ansprache von Dr. Percy Dunsheath, Vorsitzender des C.E.I

Electrotehnica, V (1957) H. 7, S. 197

DK 621.3 :061.3 C.E.I.

Gruss an die Delegierten der Moskauer Versammlung der C.E.I.

Electrotehnica, V (1957) H. 7, S. 198

DK 621.318.423.041.1

Moraru A.:

Die günstigsten Abmessungen der Spulen mit Eisenkern bei einem gegebenen Verlustfaktor

Electrotehnica, V (1957) H. 7, S. 198

Es werden die Bedingungen untersucht, unter denen der Verlustfaktor einer Spule mit Eisenkern, bei einem Mindestverbrauch an aktiven Stoffen. ein Minimum aufweist. Es werden praktische Formen für Spulen mit Eisenkern vorgeschlagen, welche hohe Qualität und eine gute Ausnutzung der aktiven Materialien gewährleisten. Auf diese Weise können die Spulen wissenschaftlicher entworfen und wirtschaftlicher gebaut werden.

DK 621.313.32 :517.433

Manea Fl.:

Die Operatoren-Gleichungen der Synchronmaschine in Koordinaten der darstellenden resultierenden Vektoren

Electrotehnica, V (1957) H.7, S. 210

Durch Anwendung der Matrizenrechnung als Schreibmethode der Gleichungen und Veränderlichen erhält man die Differentialgleichungen der Synchronmaschine in Koordinaten der darstellenden resultierenden Vektoren. Es wird die Laplace'sche Transformation zur Erhaltung der allgemeinen Operatoren-Gleichungen benutzt. Als Anwendungsbeispiel wird der zeitliche Verlauf der Ströme bei symmetrischen oder unsymmetrischen Kurzschlüssen untersucht.

DK 621.314.224.8.088

Semlyen A.:

Moderne Methoden zur Kompensierung von Stromwandlern

Electrotehnica, V (1957) H.7, S. 218

Es werden die wichtigsten und neuesten Methoden zur Kompensierung der Stromwandler dargestelt und auf Grund eines für gegenmagnetisierte Transformatoren entworfenen Ersatzschemas festgestellt, dass alle diesse Methoden Sonderfälle der Gegenmagnetisierung darstellen und dass die Kompensierung der Spannung der Belastungs-impedanz mit zwei Kernen oder mit einem Einzigen erreicht werden kann.

KURZMITTEILUNGEN

DK 621.315.1.025.3 :621.316.135

Timotin Al:

Ein Ersatzschema für das Drehstromnetz mit Löschspulen

Electrotehnica V (1957) H. 7, S. 224

REFERATE, S. 226
UMSCHAU, S. 228
CHRONIK, S. 229
AUS DER TÄTIGKEIT DES A.S.I.T., S. 230

SOMMAIRE

CD 621.3 :061.3 C.E.I.

Le message du Dr. Percy Dunsheath, président de la C.E.I.

Electrotehnica, V (1957) 7, p. 197

CD 621.3 :061.3 C.E.I.

Salut aux délégués à la réunion de Moscou de la C.E.I.

Electrotehnica, V (1957) 7, p. 198

CD 621.318.423.041.1.

Moraru A. :

Les dimensions optima des bobines à noyau de fer, à facteur de pertes donné

Electrotehnica, V (1957) 7, p. 198

On étudie les conditions qui rendent minimum le facteur de pertes d'une bobine à noyau de fer, avec une consommation moindre de matériaux actifs. On propose des formes pratiques de bobines à noyau de fer, qui assurent une haute qualité et une utilisation économique des matériaux actifs. On rend ainsi plus rationnel et plus scientifique le calcul de ces bobines.

CD 621.313.32 :617.433

Manea Fl. :

Les équations opérationnelles en coordonnées des vecteurs représentatifs résultants de la machine synchrone

Electrotehnica, V (1957) 7. p. 210

En utilisant le calcul matriciel, on obtient les équations différentielles de la machine synchrone en coordonnées des vecteurs représentatifs résultants. En utilisant la transformation Laplace, on établit les équations opérationnelles générales. On étudie, comme application, des régimes transitoires de courtcircuits symétriques et asymétriques.

CD 621.314.224.8.088.

Semlyen A. :

Méthodes modernes de compensation des transformateurs de courant. Cas particuliers de magnétisation

Electrotehnica, V (1957) 7, p. 218

On expose les méthodes modernes les plus importantes de compensation des transformateurs de courant. Au moyen d'un schéma équivalent pour transformateurs contremagnétisés, on y établit que toutes ces méthodes sont des cas particuliers de la contremagnétisation, la compensation de la tension de sortie étant réalisable avec un ou deux noyaux.

NOTES

CD 621.315.1.025.3 :621.316.935

Timotin Al. :

Un schéma équivalent pour le réseau triphasé à bobine Petersen

Electrotehnica, V (1957) 7. p. 224

DOCUMENTATION, p. 226
COMPTES-RENDUS, p. 228
CHRONIQUE, p. 229
ACTIVITÉ DE L'A.S.I.T., p. 230

CONTENTS

DC 621.3 :061.3 C.E.I.

Message from Dr. Percy Dunsheath, president of International Electrotehnical Commission

Electrotehnica, V (1957) no. 7, p. 197

DC 621.3 :061.3 C.E.I.

Welcome to the delegates of the Moscow meeting of I.E.C. July 2—12, 1957

Electrotehnica, V (1957) no. 7, p. 198

DC 621.318.423.041.1.

Moraru A. :

Optimum dimensions of iron-cored coils of a given loss factor

Electrotehnica, V (1957) no. 7, p. 198

The conditions, whereunder the loss factor of an iron-cored coil is insignificant at a minimum consumption of active materials are studied. Practical shapes of iron-cored coils ensuring high properties and a good utilization of active materials are suggested. Thus, a more economic and scientific design of these coils can be carried out.

DC 621.313.32 :517.433

Manea Fl :

Operational equations in coordinates of resultant representative vectores of synchronous machines

Electrotehnica, V (1957) no. 7, p. 210

Using matrix calculus as a method for expressing equations and change of variables, are obtained the differential equations of the synchronous machine in coordinates of resultant representative vectors. The Laplace transform is applied for obtaining general operational equations. As examples of applications are studied transient régimes of currents at symmetric and asymmetric short-circuits.

DC 621.314.224.8.088.

Semlyen A. :

New compensative methods of voltage transformers ; particular cases of magnetization

Electrotehnica, V (1957) no. 7, p. 218

The most important modern compensative methods of current transformers are presented and it is ascertained, on basis of an equivalent scheme elaborated for counter-magnetized transformers, that all these methodes are particular cases of counter-magnetization, the compensation of the tension of load impedance being realizable by two cores or a single one.

NOTES

DC 621.315.1.025.3 :621.316.935.

Timotin Al. :

An equivalent scheme for three-phase network with Peterson coils

Electrotehnica, V (1957) no. 7, p. 224

BOOK REVIEWS, p. 226
ABSTRACTS, p. 228
CHRONICLE, p. 229
FROM A.S.I.T. - ACTIVITY, p. 230

Országos Műszaki Könyvtár TULAJDONA

ELECTROTEHNICĂ GENERALĂ

Kanorski, B.: CZ 621.3.011.1 :537.211
Generalizarea legii fundamentale a lui Coulomb. A:ch. Elektrotechn. 42 (1956) 7, p. 381—397.

Vratsanos, I.: CZ 621.3.014.1.
Calculul distribuției curentului în rețelele liniare. A:ch. Elektr. Übertragung, 11 (1957) 2, p. 76—80.

Serghiev, P.V.: CZ 621.3.014.31
Caracteristicile tensiune curent ale arcului de curent continuu și curent alternativ. Electricestvo (1956) 12, p. 25—8.

Stanek, I. CZ 621.3 (05)
10 ani de la apariția revistei „Deutsche Elektrotechnik". Dtsch. Elektrotechn. 11 (1957) 7, p. 278—280.

Seuf, B.: CZ 51 :621.3
Aparate pentru demonstrarea sintezei Fourier. Dtsch. Elektrotechn. 11 (1957) 7, p. 281—283.

Missler, E.: CZ 538—56
100 de ani de la nașterea lui H. Hertz. Dtsch. Elektrotechn. 11 (1957) 2, p. 54—58.

MAȘINI ȘI TRANSFORMATOARE ELECTRICE

Iosifian, A.G. CZ 621.313
Problemele științifice ale producției de mașini electrice în U.R.S.S. Dtsch. Eletrotechn. 11 (1957) 1, p. 9—14.

Acton, O. CZ 621.313 :621.68 :621.311.25
Pompe electromagnetice mici pentru metale lichide. Ingegnere 31 (1957) 2, p. 125—134.

Franco, G. și Petredti, A.: CZ 621.313 :621.68
Pompe electromagnetice (pentru metale lichide). Tech. Ital. 21 (1957) 7, p. 481—490.

Jaklitsch, H.: CZ 621.313.018.6
Determ'narea analitică a vibrațiilor de torsiune. Elin-Z. 8 (1956) 3, p. 105—110.

Lugo, U.: CZ 621.313.2
Constantele de timp ale mașinilor de curent continuu. Electrotecnica, 44 (1957) 1, p. 2—19.

Dralinc, B.N. și Covtunovici, V.A. CZ 621.313.236.1
Funcționarea în paralel a amplificatoarelor electrodinamice cu cîmpuri încrucișate. Electricestvo, (1957) 1, p. 76—78.

Rusck, S.: CZ 621.314.222.8.018.32
Ferorezonanța în transformatoarele de tensiune ASEA-J. 30 (1957) 1—2, p. 20—22.

Parsch, H.: CZ 621.315.51 :621.313
Despre posibilitățile de folosire a materialelor izolante pe bază de siliciu și de mică sub formă de benzi subțiri, în construcția de mașini electrice. Dtsch. Elektrotechn. 11 (1957) 2, p. 59—63.

Neumeister, K.: CZ 621.313.33.045.56.001.2
Calculul rotoarelor cu refulare de curent. Dtsch. Elektrotechn. 11 (1957), 2, p. 66—74.

Blakenburg, W. CZ 621.314.212—71
Problemele încălzirii marilor instalații de transformator. Dtsch. Elektrotechn. 11 (1957) 5, p.

Alex. G. CZ 621.313.322.029.45
Generatoare de frecvențe medii cu poli variabili. Dtsch. Electrotechn. 11 (1957) 1, p. 28—29.

REDRESOARE-TRANSISTORI

Pintsov, A.M.: CZ 621.3.146 :621.3.018.324.33
Calculul armonicelor curentului și tensiunii redresate. Electricestvo (1956) 12, p. 9—14.

Molnes, A. G. CZ 621.314.7
C'reuite cu transistori și aplicațiile lor. Proc. Instn. electr. Engrs. 23 C 8 R (1957) 5. p. 16,

APARATE ELECTRICE

Rendby CZ 621.316.57.064.25
Incercarea întreruptoarelor cu ulei. Elektrotechnikeren 53 (1957) 4, p. 77—86.

Mocsary I. CZ.316.621.5.056.6.
Studiul rezistenței de contact între cupru și argint. Eletrkotechnika (Budapest) 49 (1956) p. 9. 275—80.

INCALZIRE PRIN INDUCTIE

Kolbe, E.: CZ 621.365.5
Coloeviul internațional al specialiștilor în încălzire prin inducție. Dtsch. Elektrotechn. 11 (1957) 8, p. 358

Rebouse, I.: CZ 621.365.52
Dezvoltarea tehnicii încălzirii prin înaltă frecvență și starea actuală a acesteia în Franța. Dtsch. Elektrotechn. 11 (1957) 8. p. 359—363.

Sluchatzki, A.E. CZ 621.365.5.036
Calculul inductoarelor pentru încălzirea prin inducție. Dtsch. Elektrotechn. 11 (1957) 8, p. 363—370.

Kolbe, E.: CZ 621.365.5 :621.791.3
Lipirea prin inducție. Dtsch. Elektrotechn. 11 (1957) 8, p. 371—374.

Rebouse, I.: CZ 621.365.5 :631.78
Călirea superficială a roților dințate ca exemplu caracteristic de aplicare a încălzirii prin inducție. Dtsch. Elektrotechn. 11 (1957) 8, p. 375—376.

Finzi, A.: CZ 621.365.5 :669.1/8
Instalațiile de încălzire prin inducție pentru frecvența normală a rețelei folosite în prelucrarea la cald a metalelor. Dtsch. Elektrotechn. 11 (1957) 8. p.377—380

Minssieux, I.: CZ 621.365.5 :669.14
Încălzirea prin inducție cu diferite frecvențe a pieselor din materiale feromagnetice. Dtsch. Elektrotechn. 11 (1957) 8, p. 381—383.

Schwabe, G.: CZ 621.365.5 :621.315.592
Folosirea încălzirii prin inducție în procesele de cristalizare și purificare a materialelor semiconductoare. Dtsch. Elektrotechn. 11 (1957). 8, p.385—388.

Hengelhaupt. F.: CZ 621.365.63 :621.785.545.4
Inductoare de frecvență medie pentru încălzire prin inducție. Dtsch. Elektrotechn. 11 (1957) 3, p. 131—136

UNDE SI OSCILATII ELECTROMAGNETICE

Teisseyre, R.: CZ 621.371
O nouă metodă pentru rezolvarea problemelor de difracție pentru cîmpul unui dipol. Bull. Acad. Polon. Sci. Cl. 3,4 (1956) 7, p. 433—438.

Bachenen, K. și Plebansk I. CZ 621.37 :621.3.011
O anumită interpretare optică a ecuației lui Helmholtz. Bull. Acad. Polon. Sci. Cl 4, 4 (1956) 3. p. 179—186.

LEI 5

Institut de Documentare Tehnică
BUCUREȘTI
OBMEH - CSERE
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - CMEHA

KAT

ELECTROTEHNICA

Országos Műszaki
Könyvtár
TULAJDONA

8

Electrotehnica Anul V Nr. 8 august 1957

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU, prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, prof. dr. ing. A. AVRAMESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R. (redactor responsabil), ing. V. BUNEA, laureat al Premiului de Stat, prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU, conf. ing D. DAMSKER, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. ST. GROSU, conf. ing. GH. HORTOPAN, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. G. LAZARIDE, prof. dr. ing. R. RĂDULET, membru corespondent al Academiei R.P.R. laureat al Premiului de Stat.

Recomandări privind întocmirea articolelor tehnico-științifice

1. *Lucrări ce pot fi prezentate spre publicare sînt: de importanță generală, tehnico-științifice speciale, teoretice sau experimentale și tehnice obișnuite.*
2. *Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învățămînt, producție, este condiția esențială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuție trebuie să se refere la probleme noi și actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde considerații privind eficiența economică a soluțiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.*
3. *Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.*
4. *Lucrări care au mai fost publicate integral sau parțial, nu pot fi trimise redacției spre publicare*
5. *Un scurt rezumat fixînd premizele de la care s-a pornit, problema studiată și cadrul în care este tratată, nedepășind 6—8 rînduri, se va anexa lucrării.*
6. *In introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei și în preocupările producției; de asemenea se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuția autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permițînd inteligibilitatea fără dificultăți a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstrații voluminoase; de asemenea se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată, sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.*
7. *Concluziile vor concentra rezultatele obținute cu indicarea limitei de valabilitate și aplicațiilor posibile.*
8. *Anexele pot cuprinde demonstrații originale sau absolut necesare înțelegerii formulelor din text; de asemenea în anexe se pot da exemple de calcul.*
9. *Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmațiile luate din alte lucrări și care nu sînt în general cunoscute.*
10. *Nivelul articolelor va fi înalt.*
11. *Dezvoltările matematice vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului. Pentru demonstrații se vor alcătui anexe.*
12. *Se recomandă o atenție deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele rusești, romane, grecești, germane etc.*
13. *Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît și figuri sau tabele) speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale. Pentru cărți: numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual și tradus în paranteză), ediția, editorul, locul editării, anul. Pentru articole: numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus în paranteze), revista tomul, anul, numărul, paginile.*
14. *Scrisul la mașină al articolelor este recomandat cu insistență excepționîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură față, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.*
15. *Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicații.*
16. *Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. In notă se vor indica: titluri academice, funcțiuni, localitatea și adresa domiciliului, număr de telefon.*
17. *Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora de publicare.*
18. *Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 ore de la primire. Nu se admit modificări esențiale față de manuscris, în care caz ele cad în sarcina autorului.*

Revista „Electrotehnica", organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Grele Editor: Asociația Științifică a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. Redacția: București, Str. Ion Gnica nr. 3, telefon 3 57 28 — 3 07 30. Administrația și Casieria: București, Cal. Victoriei 118, telefon 4 06 24. Redacția își rezervă toate drepturile privind lucrările precum și materialul grafic-ilustrativ apărut în revistă cît și cele privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase, referate sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei. Revista apare lunar. Abonamentul anual: pentru întreprinderi lei 96 individual lei 30. Prețul unui exemplar: lei 5. Abonamentele se primesc la sediile administrației sau redacției; sus indicate. Tiparul: Intreprinderea Poligrafică nr. 3, București.

ELECTROTEHNICA

Anul V Nr. 8 august 1957

S U M A R

CZ 621.3 :061.6 :061.3

Prima sesiune de comunicări tehnico-ştiinţifice a Institutului de cercetări şi proiectări electrotehnice

Electrotehnica V (1957) nr. 8 p. 233

CZ 621.3 :061.6

Stere R. :

Rolul Institutului de cercetări şi proiectări electrotehnice în introducerea tehnicii noi în industria electrotehnică şi energetică

Electrotehnica V (1957) nr. 8, p. 234

CZ 621.316.933.3

Donici S. şi *Mihăescu M* :

Descărcătoare cu rezistenţă variabilă construite în ţara noastră

Electrotehnica V (1957) nr. 8. p. 237

Sînt descrise descărcătoarele cu rezistenţa variabilă pentru tensiuni de la 6 la 35 kV construite în ţara noastră. Carborundul folosit este de asemenea de fabricaţie romînească. Se compară performanţele descărcătoarelor romîneşti cu cele ale firmelor străine

---

CZ 621.375.3

Şapira S. :

Elemente de calcul ale amplificatoarelor magnetice

Electrotehnica V (1957) nr. 8, p. 246

Se expune o metodă grafico analitică pentru calculul amplificatoarelor magnetice. În acest scop s-au trasat experimental curbele de magnetizare pentru diferite regimuri de premagnetizare. Sînt date o serie de diagrame care permit efectuarea rapidă a calculelor.

CZ 621.319.4.027.5 :621.316.727

Bercu A. :

Problema construcţiei condensatoarelor de forţă pentru tensiunea de 6,6 kV

Electrotehnica V (1957) nr. 8, p. 252

Articolul conţine descrierea condensatoarelor de 6,6 kV şi 15 kVAr construite la I.C.P.E.T. Sînt expuse caracteristicile materialelor folosite, tehnologia amănunţită a fabricaţiei şi rezultatele încercărilor efectuate.

CZ 621.317.784.083.722

Duma M. :

Telewattmetru electronic pentru distanţe mari

Electrotehnica V (1957) nr. 8, p. 258

După o scurtă expunere a cerinţelor pe care trebuie să le satisfacă un bun telewattmetru este descris telewattmetrul realizat la I.C.P.E.T. insistîndu-se mai ales asupra problemelor tehnice legate de realizarea acestuia şi anume : metoda folosită pentru traducerea turaţiei în frecvenţa de impulsuri, asigurarea preciziei şi stabilităţii schemelor electronice influenţa folosirii contoarelor si miliampermetrelor asupra preciziei etc.

NOTE

CZ 621.314.4 :621.317.333

Aronovici E. :

Aparat electronic pentru determinarea numărului de spire şi al scurteircuitelor în bobinajele mici

Electrotehnica, V (1957) nr. 8, p. 262

REFERATE, p. 264

CRONICA, p. 268

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ȘI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI GRELE

Anul V Nr. 8 București, august 1957

MŰSZAKI KÖNYVTÁR TULAJDONA

Prima sesiune de comunicări tehnico-științifice a Institutului de cercetări și proiectări electrotehnice

CZ 621.3 : 061.6 : 061.3.

Înființat în 1950 ca Institut de cercetări electrotehnice (ICPET) în cadrul Ministerului Energiei Electrice și Industriei Electrotehnice (MEEIE) și fuzionat la 1 aprilie 1954 cu Direcția generală de proiectări electrotehnice (DPET) din același minister, acest institut era prevăzut pentru a studia și cerceta problemele cu caracter tehnico-științific ce se iveau în producția industriei electrotehnice și electroenergetice. Aici trebuiau să se studieze materialele electrotehnice noi, mașini și aparate moderne, metode tehnologice eficace, instalații de comandă și reglare electrice și electronice pentru procese industriale, în rezumat întregul utilaj nou și modern care trebuia să împrospăteze industriile respective, să le ridice randamentul, să reducă prețul de cost și să asigure o calitate superioară produselor.

Institutul și-a început activitatea în condiții neprielnice în ce privește dotarea cu instalații de laborator și încăperi corespunzătoare pentru cercetări științifice. De asemenea cadrele tehnico-științifice nu dispuneau de o suficientă experiență în îndrumarea cercetărilor spre nevoile mai urgente ale industriei energetice și electrotehnice. Față de aceste lipsuri, proiectele de mare anvergură ce s-au întocmit pe baza unei documentații sovietice pentru o așezare definitivă a institutului sînt pe deplin justificate, ele nu se vor putea realiza însă decît treptat. Drumul cel mai indicat în aceste condiții, pe care ministerul tutelar și conducerea institutului s-au înscris în mod natural, este autoutilarea continuă și treptată a laboratoarelor de cercetări, dotarea lor progresivă cu aparate și instalații moderne ce s-au primit și se vor primi în majoritate din Uniunea Sovietică.

In același timp, fără a se renunța la proiectele definitive se prevede extinderea spațiilor ocupate pe măsura realizării instalațiilor de laborator. Concomitent angajarea și instruirea treptată a unor cadre de specialiști tineri cu oarecare experiență în producție și în exploatări, care organizați în colective, sub conducerea unor ingineri sau cercetători cu mai multă experiență, să atace probleme realizabile cu utilajul și instalațiile disponibile, utile industriei și aplicabile cît mai ușor și rapid în producție. Această linie începe să-și dea roadele. Numeroase probleme atacate cu ani în urmă, dar neterminate din lipsa realizării de modele, prototipuri și a verificării lor multilaterale, au fost încheiate cu succes. Amintim aici doar de realizarea primei serii de descărcătoare pe bază de carborund electrotehnic românesc, a unor condensatoare defazoare de înaltă și joasă tensiune, a unui echipaj complet de comandă și reglare automată cu amplificatoare magnetice, dezvoltarea și introducerea unor magneți permanenți pe bază de ferită de bariu, realizarea de porțelan electrotehnic de înaltă tensiune sau pentru înalte frecvențe, a acumulatoarelor alcaline cadmiu-nichel, a redresoarelor cu seleniu, a transistoarelor cu siliciu, a unor aparate electromagnetice sau electronice pentru protecția instalațiilor sau pentru măsurători de control în fabricație, a unor mașini de prelucrarea metalelor prin electroeroziune, a unor aparate de telemăsură și telecomandă, a numeroase automatizări cu circuit deschis sau închis, cu reglarea continuă sau discontinuă. Realizarea acestor probleme nu a fost posibilă decît după o largă și profundă documentație, după studii detaliate și după procurarea sau, în cele mai multe cazuri crearea aparatajului de laborator necesar experimentării și verificării elementelor și complexelor de materiale și aparate dezvoltate.

In aceste condiții, o sesiune de comunicări tehnico-științifice este cît se poate de binevenită. Ea pune în evidență rezultatele unei prime etape a dezvoltării acestui institut, a cărui importanță pentru industria electrotehnică românească în plină ascensiune nu se poate îndeajuns sublinia.

Intr-adevăr, linia introducerii tehnicii noi a automatizărilor, cu aparatajul lor modern şi special — transductoare, transistoare, amplidine, selsine, tiratroane, ignitroane etc. — presupune mai mult ca oricînd o muncă intensă de cercetare în vederea găsirii formelor şi metodelor celor mai adecvate situaţiei din producţie.

Felicităm institutul pentru succesul primei sesiuni de comunicări tehnico-ştiinţifice şi îi urăm în viitor noi victorii în munca de cercetare pusă în slujba producţiei electroenergetice şi electrotehnice, în vederea construirii socialismului în ţara noastră. Pentru a informa masele largi de ingineri şi tehnicieni despre realizările ICPET-ului, redacţia revistelor ASIT publică sub formă de articole şi note în numerile 8 şi 9 ale revistei Electrotehnica, o parte din comunicările prezentate la această sesiune.

Rolul institutului de cercetări şi proiectări electrotehnice în introducerea tehnicii noi în industria electrotehnică şi energetică

ROMAN STERE — Bucureşti *)

CZ 621.3 : 061.6

Prima condiţie a creşterii nivelului de trai al poporului unei ţări care merge pe drumul construirii socialismului, cum este poporul ţării noastre, este creşterea continuă şi rapidă a productivităţii muncii.

Dar creşterea productivităţii muncii este condiţionată de electrificarea, mecanizarea şi automatizarea industriei.

Experienţa tuturor ţărilor industriale arată o strînsă dependenţă între creşterea productivităţii muncii şi creşterea considerabil mai mare a înzestrării energetice a muncii.

Avansul creşterii producţiei de energie electrică faţă de creşterea producţiei întregii industrii, prezintă două aspecte indisolubil legate între ele : pe de o parte, crearea puterilor disponibile necesare în centralele electrice, iar pe de alta, dezvoltarea producţiei electrotehnice de utilaj, maşini şi aparate.

Marea importanţă pe care o are electrificarea în ridicarea nivelului tehnic al întregii industrii face ca în întreaga lume să se acorde o deosebită atenţie dezvoltării tehnice a însăşi industriei electrotehnice, ca premiză şi condiţie a introducerii tehnicii noi în întreaga industrie. Aceasta se vădeşte prin considerabila dezvoltare a cercetărilor electrotehnice în lumea întreagă.

Numeroase date statistice arată că în mari ţări industriale majoritatea fondurilor de cercetare sînt preluate de industriile electrotehnice, electronice şi chimice.

Numai în Republica Cehoslovacă de pildă, problemele cu specific electrotehnic şi electronic sînt studiate în 12 institute de cercetări cu cîteva mii de cercetători. În U.R.S.S. numai în 1956 şi numai în reţeaua Academiei de Ştiinţe au fost create 4 noi institute electrotehnice şi radiotehnice. În S.U.A., jumătate din personalul folosit la industria electrotehnică este folosit pentru cercetări.

Pe cînd în ţările semicoloniale şi dependente, cum era în trecut şi ţara noastră, capitalismul, în măsura în care crea o industrie, o limita la activitatea îngust productivă, fără preocupări tehnice de ansamblu, studii şi cercetări, lăsînd ca problemele tehnice şi economice ale industriei să se hotărască peste graniţă, industrializarea socialistă stimulează crearea şi dezvoltarea cercetărilor tehnico-ştiinţifice, socotind-o o condiţie esenţială a obţinerii independenţei economice şi a progresului tehnic al industriei naţionale.

Avîntul deosebit pe care cercetarea tehnico-ştiinţifică l-a luat în ţara noastră în anii regimului democrat-popular confirmă această situaţie.

Astfel, pe baza planului de electrificare a fost organizat şi Institutul nostru de cercetări şi proiectări electrotehnice.

Astăzi institutul nostru are un colectiv închegat de cercetători şi proiectanţi, dispune de laboratoare de cercetare utilate pentru numeroase domenii de cercetare electrotehnică şi a cîştigat o valoroasă experienţă în activitatea de cercetare electrotehnică.

Vom trece succint în revistă realizările obţinute de institut în acele domenii în care baza materială şi specialiştii formaţi i-au putut permite să-şi desfăşoare activitatea şi vom indica direcţiile în care institutul îşi dezvoltă în continuare activitatea.

Astfel, pentru elaborarea de studii şi proiecte de *automatizări industriale*, în anul 1956 s-a înfiinţat în cadrul institutului o secţie de automatizări. Activitatea în acest domeniu a existat însă în ICPET începînd cu cîţiva ani în urmă, desfăşurîndu-se în cadrul altor secţii şi anume : pînă în 1955 în cadrul secţiei de proiectări de fabrici şi utilaj electrotehnic iar în perioada

*) Ing. Roman Stere este directorul ICPET-ului.

1955—1956 în cadrul secției de electronică și automatizări.

Concepția care stă la baza secției de automatizări este ca în cadrul ei să se realizeze studii și proiecte de automatizare în domenii industriale variate avînd însă în fiecare caz un caracter de noutate în țara noastră.

Activitatea în această secție reiese din enumerarea studiilor și proiectelor mai importante realizate sau în curs de realizare în cadrul secției în ultimul timp :

1. Automatizări în fabricația acidului sulfuric. Această automatizare se proiectează pentru fabrica Petre Poni de la Valea Călugărească și s-a studiat împreună cu IPROCHIM.

2. Automatizări și control tehnologic centralizat în extracția petroliferă studiată împreună cu Institutul de cercetări petrolifere și care este acum în curs de realizare sub formă experimentală la un cîmp de sonde de lîngă Tîrgoviște.

3. Pentru ameliorarea factorului de putere în rețeaua energetică, industria noastră electrotehnică construiește un compensator sincron de 5000 kVA a cărui pornire automată și sistemul de excitație este studiată de noi împreună cu ISPE — Institutul de studii și proiectări energetice. Tot în ICPET — în sectorul de Curenți Tari — se studiază și se construiește regulatorul de tensiune cu amplificatoare magnetice ale acestui compensator.

4. Pentru noi puțuri de extracție minieră — Teliuc, Altîn Tepe, Baia Spirei s-a studiat și întocmit proiecte în curs de realizare pentru acționarea automată a mașinilor de extracție în condiții de funcționare complexe și întrebuințîndu-se aparatură produsă în țară.

5. S-a studiat împreună cu ISPE introducerea de automatizări complexe ale procesului de ardere în unele centrale termo-electrice — Cîmpina, Florești — și s-a făcut proiectarea de aparatură în acest scop. În această direcție este în curs de execuție în atelierele noastre — un dispozitiv de reglare automat analog tipului sovietic TKT1 care va fi încercat în cursul acestui an în cadrul unei instalații experimentale.

6. Introducerea de automatizări în industria zahărului și anume începînd cu fabrica din Giurgiu.

7. Un domeniu de asemenea nou la noi și susceptibil de o mare dezvoltare în viitor este al automatizărilor în extracția și transportul gazelor naturale. Aceste automatizări ridică probleme complexe de stabilirea sistemelor de reglare și a metodelor și aparaturii pentru telemăsuri și telecomenzi.

Deși în această sesiune de comunicări tehnico-științifice, se analizează în special activitatea de cercetare a institutului, și concentrată în ceea ce privește automatizarea la sectorul de automatizări, nu trebuie omis aportul adus la opera de electrificare și automatizare a industriei prin activitatea de proiectare. În afară de proiectele de dezvoltare ale întreprinderilor electrotehnice, în institut se proiectează totodată procese tehnologice specifice, cît și utilajele necesare. Putem aminti aici proiectele instalației de impregnare a transformatoarelor mari la fabrica Electro-Putere Craiova, proiectul dezvoltării fabricii de acumulatoare și a utilajelor aferente, proiectele platformelor de încercări pentru fabricile de mașini electrice etc.

Secția de cercetări electronice și aparataj de automatizare, are ca obiect studierea și elaborarea de aparate electronice și electrice pentru controlul mărimilor neelectrice și electrice care intervin în procesele tehnologice din diversele domenii industriale ; elaborarea de aparataj pentru telemăsură, semnalizare și telecomandă în sistemele energetice, gaze etc. ; elaborarea de aparataj electronic de măsură și de laborator și întreprinderea de cercetări pentru elaborarea sau aplicarea de metode tehnologice electronice, electrice și ultrasonice pentru prelucrări de metale și nemetale.

Din realizările pînă în prezent ale secției de cercetări electronice și aparataj de automatizare, citățm următoarele :

1. Aparat și traductor pentru măsura centralizată a temperaturii în antrepozitele frigorifice.
2. Aparatură pentru măsura centralizată a temperaturilor transformatoarelor, aparatajului de manevră, lagărelor, în uzinele energetice.
3. Aparat pentru măsura umidității aerului, semnalizare și comanda instalațiilor de condiționare.
4. Manometre cu contact.
5. Termometre manometrice cu contact.
6. Aparat pentru măsurarea umidității produselor agricole.
7. Televoltmetre și teleampermetre pentru distanțe pînă la 20 km.
8. Telewattmetre și televarmetre de mare distanță bazate pe variația frecvenței impulsurilor.
9. Aparat pentru controlul umezirii transformatoarelor de mare putere.
10. Aparatură pentru comunicații telefonice prin înaltă frecvență pe liniile de înaltă tensiune.
11. Aparatură pentru semnalizarea automată a apariției chiciurii pe liniile de înaltă tensiune.
12. Stroboscop electronic pentru măsurarea turației la motoare.
13. Aparatură pentru comanda centralizată a iluminatului public.
14. Aparatura stroboscopică pentru controlul imprimării materialelor textile.

Multe din lucrările de mai sus constituie subiectul referatelor ce se prezintă în această sesiune. În domeniul metodelor și aparatelor pentru electro-tehnologie studiate și realizate sau în curs de realizare la ICPET, putem cita :

1. Generator electronic de înaltă frecvență de 40 kW util pentru călire superficială și topire.

2. Mașini de găurire prin electroeroziune.
3. Mașină de tăiere prin electroeroziune.
4. Aparatură de găurire prin ultrasunete.
5. Instalații de vopsire electrostatică.
6. Instalații de degresare ultrasonică.

Din problemele care se studiază în prezent menționăm:

1. Analizarea unui complex de aparate pentrul telemăsuri, semnalizări și comenzi în sistemele energetice.
2. Aparatură ultrasonică pentru defectoscopia metalelor, betoanelor etc.
3. Realizarea unei metode și aparaturi de control centralizat a diagramei de pompare la sondele de extracție petroliferă.
4. Aplicarea izotopilor radioactivi în controlul industrial.
5. Aparatură pentru localizarea defectelor pe liniile electrice și telefonice aeriene.
6. Aparatură pentru controlul parametrilor electrici ai materialelor ceramice.

În domeniul curenților tari ne-am orientat spre crearea unor aparate și dispozitive care să ridice nivelul tehnic de exploatare a liniilor de transport și distribuție a energiei; astfel în această direcție s-a elaborat tehnologia și s-a pus în fabricație semi-industrială o serie de descărcătoare cu rezistență variabilă cu carborund electrotehnic romînesc, pentru tensiuni de 6, 10, 15, și 35 kV.

S-a elaborat tehnologia și este în curs de a începe fabricația industrială pe baza cercetărilor și proiectelor făcute în institutul nostru a condensatoarelor de forță pentru îmbunătățirea factorului de putere la tensiunile de 380 și 6 kV.

S-au realizat stațiile de impuls necesare (de 400 kV) și s-au făcut studiile distribuției curentului electric și comportările la unda de impuls a izolatoarelor de înaltă tensiune, în vederea îmbunătățirii formei lor constructive. Se fac studii în vederea realizării izolatoarelor din sticlă călită. S-au studiat și s-au realizat serii de amplificatoare magnetice cu material indigen care au fost apoi aplicate în stabilizatoare și regulatoare de tensiune și în automatizarea acționărilor Diesel-electrice.

A început studiul în vederea perfecționării aparatajului de comutare, de joasă și înaltă tensiune. Pentru dezvoltarea bazei experimentale necesare acestui studiu este în curs de construcție o stație de încercare la putere de rupere a aparatajului de joasă tensiune și o stație de încercare în rețea a aparatajului de înaltă tensiune.

S-au elaborat și realizat o serie de aparate și instalații de măsură și control cum ar fi cele pentru controlul rigidității dielectrice a izolației, verificarea releelor, măsurarea magneților permanenți și altele.

Pentru fabrica de transformatoare de la Electro-Putere Craiova s-a construit o stație de undă de impuls de 800 kV.

În domeniul materialelor electrotehnice, datorită extremei diversități a problemelor ce există, a trebuit să ne limităm la cîteva direcții mai importante și anume:

— Realizarea materialelor electroceramice din materii prime indigene. Pe această linie s-a elaborat tehnologia de fabricație a steatitei pentru izolatoare de joasă tensiune și pentru izolatoare de înaltă frecvență. Este în curs de elaborare tehnologia materialelor izolante ceramice pentru condensatoare pe bază de bioxid de titan și ceramică piezoelectrică.

— Realizarea materialelor magnetodielectrice de tipul feritei. Pe această linie s-a elaborat pe baze științifice tehnologia fabricației magneților permanenți din ferită de bariu, care se aplică acum în fabrica Radio Popular pentru fabricarea magneților permanenți; este în curs de studiu tehnologia a diferite tipuri de ferite moi necesare industriei radiotehnice.

— În domeniul materialelor teleconductoare s-a elaborat tehnologia și s-a trecut actualmente la fabricația semiindustrială a redresoarelor cu seleniu, rezolvîndu-se astfel una din importantele probleme de import ale industriei electrotehnice, Este în curs de studiu elaborarea redresoarelor de putere pe bază de siliciu și a transistorilor.

— În domeniul surselor electrochimice s-a elaborat tehnologia și s-a realizat utilajul pentru producția semiindustrială a acumulatoarelor cadmiu-nichel. De asemenea pe baza studiilor și utilajelor realizate în institutul nostru sînt în curs de introducere în fabricație bateriile plate de tip galet care asigură o productivitate mărită și economie de materiale în această direcție.

— O altă serie de studii privesc metodele de acoperire și tratare a suprafețelor cum ar fi vopsirea electrostatică, degresarea ultrasonică, uscarea cu raze infraroșii, metode ce permit o importantă ridicare a productivității muncii în acest sector de activitate.

În domeniul construcțiilor de aparate, în atelierul nostru de prototipuri s-au construit unele din aparatele studiate la sectoarele de Electronică și Curenți Tari, dintre care menționăm:

— Umidometre.
— Redresoare stabilizate.
— Autotransformatoare reglabile.
— Aparate pentru încercarea rigidității dielectrice.
— Aparate pentru încercarea releelor etc.
— Manometre cu contact.

Totuși, în acest domeniu al construcției aparatelor ce s-au studiat și elaborat pînă la faza de fabricație, în institutul nostru am făcut încă puține.

La începutul acestui an s-a făcut propunerea ca atelierul nostru de prototipuri să fie dezvoltat și să cuprindă o secție specială pentru

realizarea în ţară a elementelor de automatizare de serie mică, studiate fie în secţia noastră de cercetări de electronică industrială, fie în birourile tehnice ale atelierului însăşi. Acest atelier de serie mică ar urma să aibă pînă în 1958 aproximativ 100 lucrători direct productivi. Socotim că fără o astfel de producţie, dezvoltarea automatizărilor în ţară va întîmpina numeroase dificultăţi.

Desigur, domeniile enumerate nu reprezintă decît o mică parte a domeniilor de cercetare care ar fi necesare pentru dezvoltarea complexă şi ridicarea nivelului tehnic al industriei noastre electrotehnice şi electronice. Cum am mai spus, ele corespund posibilităţilor pe care le-a avut institutul şi mai ales pe care şi le-a putut crea în decursul puţinilor ani de activitate în ceea ce priveşte baza materială şi cadrele de specialitate şi acestea au trebuit să fie făcute concomitent cu numeroasele reorganizări şi aproape anualele mutări dintr-un local într-altul al secţiilor de cercetare.

Toate acestea explică în parte faptul că efectul tehnico-economic al cercetărilor duse de institut se face încă insuficient simţit în fabrici.

Ne propunem însă ca printr-o mai precisă verificare a domeniilor de activitate şi printr-o adîncire a muncii de cercetare să putem obţine rezultate din ce în ce mai utile pentru industrie.

În această direcţie ne va fi de extrem ajutor coordonarea planurilor de cercetări ştiinţifice în domeniul curenţilor tari deocamdată, care s-a făcut între ţările lagărului democratic chiar în cursul acestei luni, la Moscova, în cadrul unei consfătuiri de specialişti, la care am luat şi noi parte.

Prin coordonarea făcută, nu numai că s-au stabilit precis direcţiile în care îşi va dezvolta cu precădere cercetarea fiecare din ţările participante, dar s-au pus şi bazele unui puternic schimb de informaţii şi cooperare în rezolvarea problemelor ce se studiază.

Considerăm că prin această nouă formă de colaborare frăţească cu celelalte ţări de democraţie populară vom putea contribui în mai mare măsură încă la ridicarea nivelului tehnic al industriei patriei noastre şi o dată cu aceasta la întărirea lagărului socialist şi democratic, drept garanţie a păcii.

Descărcătoare cu rezistenţă variabilă construite în ţara noastră

SILVIU DONICI şi MARIANA MIHAESCU — Bucureşti *)

Ritmul de electrificare a ţării impune dezvoltarea rapidă a liniilor şi staţiilor cu tensiuni de la 6 la 35 kV. Protecţia acestor instalaţii împotriva supratensiunilor atmosferice necesită descărcătoare perfecţionate care să prezinte multă siguranţă în exploatare. In articol autorii prezintă descărcătoarele cu rezistenţa variabilă de fabricaţie rămînească, pentru tensiuni de la 6 la 35 kV. Pentru construcţia rezistenţelor variabile s-a folosit carborund de fabricaţie romînească.

CZ 621.316.933.3.

1. Generalităţi

Instalaţiile electrice sînt expuse în general la două categorii de suprasolicitări accidentale care pot constitui cauze de defecţiuni şi anume : *a*) supraintensităţi ; *b*) supratensiuni.

La rîndul lor supratensiunile pot fi împărţite în trei categorii : *a*) supratensiuni de origină internă ; *b*) supratensiuni de origină atmosferică ; *c*) supratensiuni transmise de reţelele vecine.

Cele mai frecvente sînt supratensiunile de origină internă şi atmosferică iar cele mai periculoase sînt cele datorită manifestărilor atmosferice.

Din aceste motive protecţia împotriva supratensiunilor atmosferice în primul rînd, a constituit o preocupare permanentă a electricienilor de pretutindeni.

Dintre măsurile adoptate pînă în prezent (conductoare de protecţie, aparate de protecţie, reanclanşare automată etc.), aparatele de protecţie împotriva supratensiunilor deţin încă rolul cel mai important ; acestea pot fi împărţite în trei grupe caracteristice : *a*) eclatoare ; *b*) descărcătoare tubulare ; *c*) descărcătoare de tip supapă.

Fără a face o descriere asupra construcţiei şi modului de funcţionare a fiecăruia dintre aceste aparate, vom menţiona numai că dintre acestea, cele care îndeplinesc condiţiile optime de funcţionare ca : *a*) amorsare la aceeaşi tensiune ; *b*) stingerea arcului curentului de însoţire a reţelei ; *c*) limitarea supratensiunii la valori nepericuloase pentru izolaţie prin reducere amplitudinii şi tăierea lină a undei, sînt descărcătoarele de tip supapă.

În decursul anilor s-au folosit diferite tipuri de astfel de aparate bazate pe : *a*) reacţii chimice ; *b*) reacţii electrochimice ; *c*) caracteristica arcului în canale înguste ; *d*) proprietăţile semiconductoarelor.

Primele aparate bazate pe reacţii chimice au apărut în jurul anului 1918, iar ultimele bazate pe proprietăţile semiconductoarelor (de exemplu, carbura de siliciu) au apărut în jurul anului 1930.

Cele care s-au menţinut şi s-au perfecţionat în mod continuu sînt descărcătoarele bazate

*) Ing. Silviu Donici şi Mariana Mihăescu sînt cercetători la ICPET.

pe proprietăţile de semiconductor ale carburii de siliciu cunoscute astăzi sub denumirea de descărcătoare cu rezistenţă variabilă.

2. Principiul de construcţie şi funcţionare al descărcătoarelor cu rezistenţă variabilă

În general un descărcător cu rezistenţă variabilă se compune din următoarele piese: *a*) o coloană de eclatoare; *b*) o coloană de discuri cu rezistenţă variabilă; *c*) rezistenţe de şuntare (numai unele tipuri); *d*) un toc izolant din porţelan; *e*) piese de asamblare.

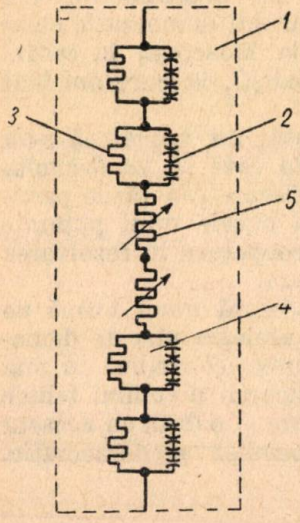


Fig. 1. Schema electrică de principiu a unui descărcător cu rezistenţă variabilă de 15 kV:
1 — tocul de porţelan; *2* — 4 eclatoare unitare; *3* — rezistenţă neliniară de şuntare (2 semiinele); *4* — complet de eclatoare (Standard); *5* — coloana de discuri neliniare ∅ 100/30.

Schema electrică de principiu este arătată în fig. 1.

În momentul apariţiei unei supratensiuni pe linie (fig. 2) eclatoarele descărcătorului construite pentru o anumită tensiune de străpungere, se amorsează; prin arcul format şi rezistenţele de lucru (discurile), cea mai mare parte a energiei undei de supratensiune este scursă la pământ (acest lucru este posibil deoarece în acest moment rezistenţa coloanei de discuri este foarte mică). După scurgerea acestei energii şi limitarea supratensiunii la valori nepericuloase pentru izolaţia protejată, prin arcul amorsat şi discuri, continuă să treacă un curent datorită tensiunii reţelei numit curent de însoţire; acest curent trebuie să fie întrerupt într-un timp foarte scurt (0,01—0,02 s) pentru a nu face să acţioneze protecţia sau în cazuri şi mai grave pentru a nu se produce explozia descărcătorului.

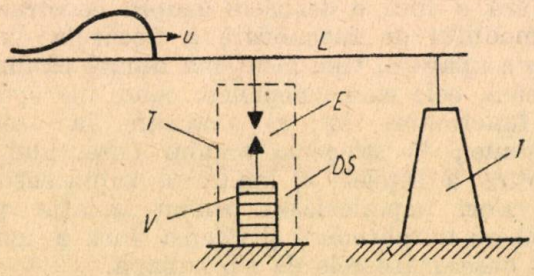


Fig. 2. Modul de racordare a descărcătorului la reţea.
U — unda de supratensiune; *L* — linia; *DS* — descărcătorul supapă; *T* — tocul izolant; *V* — rezistenţe variabile; *I* — izolaţia de protejat. *E* — eclator.

Întreruperea curentului este posibilă datorită următorilor factori: *a*) limitarea valorii sale prin creşterea rezistenţei coloanei de discuri; *b*) divizarea arcului pe întreaga coloană de eclatoare.

Cu alte cuvinte rezistenţa variabilă a coloanei de discuri trebuie să-şi micşoreze valoarea în momentul apariţiei supratensiunii pentru a scurge la pământ o cît mai mare parte din aceasta, pentru ca apoi într-un timp foarte scurt să-şi crească rezistenţa suficient de mult pentru a limita curentul de însoţire la o valoare pe care eclatoarele pot să o întrerupă.

3. Condiţii de bază necesare pentru fabricarea descărcătoarelor cu rezistenţă variabilă

Fabricarea descărcătoarelor cu rezistenţă variabilă de bună calitate este condiţionată de rezolvarea preliminară a următoarelor probleme mai importante:

a) obţinerea materii prime (carborundul electrotehnic);

b) stabilirea tehnologiei de fabricaţie a rezistenţelor neliniare (de lucru şi de şuntare);

c) amenajarea unei staţii de înaltă tensiune cu instalaţii pentru efectuarea următoarelor probe:

— determinarea coeficientul de neliniaritate α şi a gradientului de tensiune E_0 pentru praful de carborund,

— stabilizarea discurilor cu rezistenţă variabilă,

— stabilizarea rezistenţelor de şuntare,

— ridicarea caracteristicii volt-amper a discurilor,

— măsurarea caracteristicii de neliniaritate a rezistenţelor de şuntare,

— încercarea la amorsare în 50 Hz a eclatoarelor,

— încercarea la amorsare în 50 Hz a descărcătoarelor,

— încercarea la amorsare la impuls a descărcătoarelor,

— măsurarea curentului de fugă şi conductibilitate al descărcătoarelor.

3. 1 Materia primă. După cum s-a menţionat la începutul lucrării, materia primă de bază pentru fabricarea descărcătoarelor cu rezistenţă variabilă este carborundul electrotehnic.

Fără a dezvolta diferite teorii cu privire la semiconductoare şi elemente neliniare din a căror clasă face parte şi carbura de siliciu, vom menţiona doar că aglomeratele de pulberi de carborund se încadrează în grupa elementelor neliniare de contact categoria 2 (coeficient de neliniaritate $\alpha < 1$); dependenţa dintre tensiune şi curent putînd fi exprimată printr-o funcţie de putere

$$U = C I^{\alpha}.$$

Calitatea superioară a carborundului este determinată de coeficientul de neliniaritate α şi de capacitatea de trecere; cu cît coeficientul α este mai mic şi cu cît capacitatea de trecere este mai mare, cu atît carborundul este mai bun.

În practică se utilizează carborundul cu coeficient de neliniaritate cuprins între 0,12 şi 0,5.

Carborundul care întruneşte condiţiile expuse mai sus, este un carborund special, obţinut printr-un proces tehnologic deosebit de cel al carborundului abraziv. Acest proces tehnologic de fabricaţie al carborundului electrotehnic constituie pentru majoritatea firmelor producătoare un secret de fabricaţie.

3. 2. Stabilirea tehnologiei de fabricaţie a rezistenţelor neliniare (de lucru şi de şuntare). Rezistenţele neliniare de lucru sînt executate în majoritatea cazurilor sub formă de discuri de diferite diametre şi înălţimi. Aceste discuri sînt formate prin aglomerarea pulberilor de carborund prin intermediul unui liant (masă ceramică, silicat de sodiu lichid etc.).

Ca şi în cazul prafului de carborund curba de neliniaritate poate fi reprezentată prin funcţia $U = C I^{\alpha}$.

Cu cît coeficientul α este mai mic şi capacitatea de trecere mai mare, cu atît discul corespunde mai bine cerinţelor impuse . Calitatea discurilor poate fi definită de asemenea printr-un aşa numit coeficient de protecţie care reprezintă raportul dintre tensiunea reziduală corespunzătoare curentului nominal de scurgere şi tensiunea reziduală (de stingere) corespunzătoare unui curent de cca. 50 A; valoare acestui coeficient este de cca. 2.

Cît priveşte capacitatea de trecere, aceasta trebuie interpretată conform definiţiei dată de specialiştii sovietici, ca reprezentînd totalul energiei care se dezvoltă într-un disc de la prima funcţionare pînă la distrugere.

Deoarece această energie de distrugere poate varia în funcţie de amplitudinea şi forma undei, se obişnuieşte să se adopte la încercări drept capacitate de trecere, energia de distrugere medie rezultată din impulsuri de curent cu amplitudinea de 3—20 kA a căror formă de undă este de 10/20 μ s.

În prezent se utilizează în descărcătoarele cu rezistenţă variabilă discuri cu un coeficient de neliniaritate $\alpha = 0{,}16 - 0{,}23$. Cît priveşte capacitatea de trecere ea fiind definită şi determinată în moduri diferite, ne vom referi numai la datele din literatura sovietică care consideră ca limită inferioară a capacităţi de trecere determinată în condiţiile arătate mai sus cifra de 16 kWs, sau pe deplin satisfăcătoare cifra de 39,5 kWs.

Aceste rezultate nu se pot obţine dacă nu se cunoaşte influenţa pe care o au diferiţii factori ce intervin în procesul tehnologic cum ar fi: cantitatea şi calitatea materialelor, granulaţia carborundului, forţa de presare, umiditatea, regimul de ardere etc.

Stabilirea reţetei şi a tehnologiei de fabricaţie necesită o muncă foarte intensă de cercetare şi experimentare, concretizată prin zeci şi chiar sute de loturi experimentale.

Din aceste motive fabricanţii aplică acestor produse regimul „secretului de fabricaţie" sau al patentării.

În ceea ce priveşte rezistenţele de şuntare, acestea servesc la uniformizarea repartiţiei tensiunii şi deci la reducerea factorului de impuls. Forma lor este în majoritatea cazurilor inelară, construcţiile sovietice folosind o formă specială de segmente de cerc.

Caracteristicile medii tensiune curent ale rezistenţelor de şuntare sovietice pe complete se pot înscrie în următoarea ecuaţie empirică:

$$i = 9{,}37\ U^3$$

în care i este curentul în μA, iar U-tensiunea în kV.

Descrierea acestora şi mai ales procesul tehnologic de fabricaţie sînt şi mai puţin prezente în literatura de specialitate.

3. 3. Amenajarea unei staţii de înaltă tensiune cu instalaţii de încercări . Fără a intra în detalii şi a descrie fiecare din aceste instalaţii, ne limităm a arăta numai că dat fiind specificul de funcţionare al descărcătoarelor, ele trebuie încercate în condiţii asemănătoare funcţionării din exploatare, ceea ce implică construirea unor instalaţii speciale (generatoare de impuls de tensiune, generatoare de impuls de curent etc.), înzestrate cu aparate de înregistrare şi fotografiere a fenomenelor ultrarapide (oscilograf catodic).

Pe lîngă aceste instalaţii mai sînt necesare o serie de instalaţii clasice pentru încercări în curent continuu şi încercări de amorsare în 50 Hz.

4. Rezolvarea problemei în celelalte ţări

Problema fabricării descărcătoarelor cu rezistenţă variabilă a fost rezolvată în întregime în ţările cu o industrie mai dezvoltată ca: U.R.S.S., Anglia, Germania, Elveţia, S.U.A.

După firma producătoare, materialul rezistent a căpătat diferite denumiri; atfel:

vilit — în U.R.S.S.;
resorbit — în Elveţia (produs Brown Boveri);
elinit — în Austria (produs Elin);
revar — în Elveţia (produs Oerlikon).

Alte ţări au atacat şi rezolvat problema în mod parţial. Astfel după informaţiile pe care le avem, situaţia acestora se prezintă astfel:

Polonia a început fabricarea de descărcătoare în anul 1935 după patentul lui Voight şi Haeffner, discurile cu rezistenţă variabilă importîndu-se din Germania. Înainte de 1939 polonezii au produs un material original cu care au construit descărcătoare pînă la 30 kV.

După cel de al doilea război mondial în perioada anilor 1949 — 1952, cercetările în acest domeniu au luat un avînt deosebit reuşindu-se să se pună la punct tehnologia de fabricaţie a

Date caracteristice asupra cîtorva tipuri de descărcătoare *Tabela 1*

Tens. nominală kV_{ef}	Tensiunea de serviciu max. admisă kV_{ef}						Sarcina de şoc nominală A						Tens. reziduală la sarcina nominală kV_{max}					
	U.R.S.S.	Cehoslovacia	R.D.G.	Elveţia Oerlikon	Polonia	Ungaria	U.R.S.S.	Cehoslovacia	R.D.G.	Elveţia Oerlikon	Polonia	Ungaria	U.R.S.S.	Cehoslovacia	R.D.G.	Elveţia Oerlikon	Polonia	Ungaria
6	7,6	7,2	6,9	7,5	6,9	6,9	3000	10 000	2500	10 000	1500	4000	30	29	26	23	27—35	37,8
10	12,8	12,0	11,5	12,5	11,5	11,5	3000	10 000	2500	10 000	1500	4000	50	46	44	38	40—52	53,5
15	21	18	17,2	—	17,3	17,2	3000	10 000	2500	10 000	1500	4000	65	69	60	—	55—73	73,5
35	42	40,5	40	43,75	—	—	3000	10 000	2500	10 000	—	—	130	150	145	132	—	—

Tens. nominală kV_{ef}	Tensiunea minimă de amorsare în 50 Hz (kV_{ef})						Tensiunea maximă de amorsare la impuls 1/50 μs					
	U.R.S.S.	Cehoslovacia	R.D.G.	Elveţia Oerlikon	Polonia	Ungaria	U.R.S.S.	Cehoslovacia	R.D.G.	Elveţia Oerlikon	Polonia	Ungaria
6	16	15	13—15	15	14—20	15	35	27,5	—	26	20—33	37,8
10	25	25	22—25	25	22—30	25	50	45,5	—	42	31—50	53,5
15	37	36	33—37	—	33—45	37,5	75	66	—	—	47—70	73,5
35	75	82	77—86	88	—	—	130	145	—	132	—	—

Obs: Datele din tabelă se referă la următoarele tipuri de descărcătoare PBC; S.V.; S.AW; RW; G.Z: Ganz; aceste date indică numai performanţele electrice fără a arăta şi dimensiunile discurilor cu care se realizează aceste descărcătoare, dimensiuni care determină gabaritele şi greutatea aparatului.

discurilor necesare echipării descărcătoarelor pînă la 30 kV. Noul material a fost numit „Zokar" iar noile descărcătoare au fost numite de tip „G.Z.".

Cehoslovacia fabrică descărcătoare cu rezistenţa variabilă de cca 20 de ani. În prezent producţia lor este axată pe două tipuri mai caracteristice:

— tipul LV fără rezistenţe de şuntare pentru tensiuni pînă la 35 kV;

— tipul SV cu rezistenţe de şuntare pentru toată gama de la 3 la 150 kV.

Ungaria fabrică şi ea descărcătoare cu rezistenţă variabilă cu caracteristicele de mai sus.

În tabela 1 se dau caracteristicele a şase tipuri de descărcătoare de diferite fabricaţii străine.

5. Rezolvarea problemei la noi în ţară

Primele cercetări privitoare la fabricarea descărcătoarelor cu rezistenţă variabilă, au început la noi în ţară în cursul anului 1953, folosind ca materie primă un carborund abraziv selecţionat. Din lipsă de instalaţii de încercări adecvate nu s-a putut ajunge la un rezultat definitiv.

Loturile experiementale executate în această perioadă au contribuit totuşi la însuşirea în linii mari a unor faze a procesului tehnologic ca: dozarea liantului, presare, chituire, ardere; de asemenea încercările electrice efectuate cu instalaţii improvizate au dat o imagine generală asupra modului cum influenţează ceilalţi parametri mai importanţi ca: compoziţie, granulaţie, forţă de presare, ajungîndu-se chiar la schiţarea unei reţete. Discurile executate în această perioadă de timp nu au fost montate şi date în exploatare din lipsă de încercări riguroase care să garanteze rezultatele scontate.

În anul următor cercetările au intrat într-un impas şi mai mare; carborundul abraziv livrat de intreprinderea Carbo-Chim Cluj, dovedit din ce în ce mai bun pentru produse abrazive, s-a dovedit cu totul necorespunzător pentru fabricaţia descărcătoarelor.

Semnalul de alarmă a fost tras nu atît de coeficientul de neliniaritate α care a rămas în limitele admisibile, cît mai ales de coeficientul de conductibilitate C şi de capacitatea de trecere a discurilor; tensiunea reziduală mare şi capacitatea mică de trecere a discurilor executate din acest carborund a impus sistarea cercetărilor pînă la obţinerea unui carborund electrotehnic special şi pînă la amenajarea unei staţii de înaltă tensiune cu instalaţii de încercări adecvate.

În septembrie 1955, institutul nostru în colaborare cu întreprinderea Carbochim — Cluj, stabileşte reţeta şi elaborează prima şarje de carborund electrotehnic (2000 kg).

Spre sfîrşitul aceluiaşi an, institutul nostru a terminat şi amenajarea staţiei de înaltă tensiune cu toate instalaţiile anexe astfel încît în cursul anului 1956 s-au putut efectua:

a) Încercările electrice pe praful de carborund întocmindu-se o documentaţie completă.

b) Elaborarea tehnologiei de fabricaţie a discurilor cu rezistenţă variabilă.

c) Elaborarea tehnologiei de fabricaţie a rezistenţelor de şuntare.

d) Asamblarea unui număr de cca 100 descărcătoare cu rezistenţă variabilă de 6, 10, 15 şi 35 kV.

e) Încercări riguroase asupra rezistenţelor neliniare (discuri, rezistenţe de şuntare) precum şi asupra descărcătoarelor asamblate.

În cele ce urmează vom dezvolta pe larg fiecare din aceste realizări.

5. 1. Carborundul electrotehnic romînesc. Rezultatele analizelor chimice şi încercărilor electrice. După cum s-a mai arătat, carborundul electrotehnic se deosebeşte de carborundul abraziv prin coeficientul de neliniaritate, prin coeficientul de conductibilitate şi prin capacitatea de trecere, factori influenţaţi direct de natura şi procentul impurităţilor incluse în reţeaua cristalină a carborundului. După cum s-a putut constata pînă în prezent, nu toate impurităţile şi nu orice cantitate de impurităţi au un rezultat pozitiv în obţinerea carborundului de calitate. Menţionăm că ionii de Ca^{++} şi Mg^{++} conduc la un carborund cu rezistenţă ohmică mare şi cu neliniaritate mică, pe cînd atomii de alumină (Al_2O_3) conduc la creşterea conductibilităţii, neliniarităţii şi capacităţii de trecere. Ionii de fier conduc la creşterea conductibilităţii însă influenţează negativ neliniaritatea.

Influenţa principală asupra proprietăţilor electrice ale carborunului fiind exercitată de către adaosurile de alumină (Al_2O_3) şi de oxid de fier (Fe_2O_3) s-a avut în vedere să se introducă în şarje o cantitate anumită de argilă.

Pentru menţinerea acestor impurităţi s-a evitat adaosul de clorură de sodiu al cărui rol este de a contribui la eliminarea lor.

Prin aceste măsuri completate cu : alegerea şi dozarea celorlalte materiale pentru obţinerea unui modul de 37,5, aşezarea lor în cuptor, conducerea regimului de ardere, a fost posibilă obţinerea unei şarje de carborund electrotehnic cu proprietăţile fizico-chimice date în tabela 2; în această tabelă rezultatele sînt arătate comparativ cu cele ale carborundului abraziv.

În ceea ce priveşte încercările electrice ele s-au efectuat pe un număr de cca. 40 probe de carborund de diferite granulaţii corespunzătoare la 16 zone diferite ale cuptorului, pentru a se studia gradul de omogenitate al şarjei. Inde-

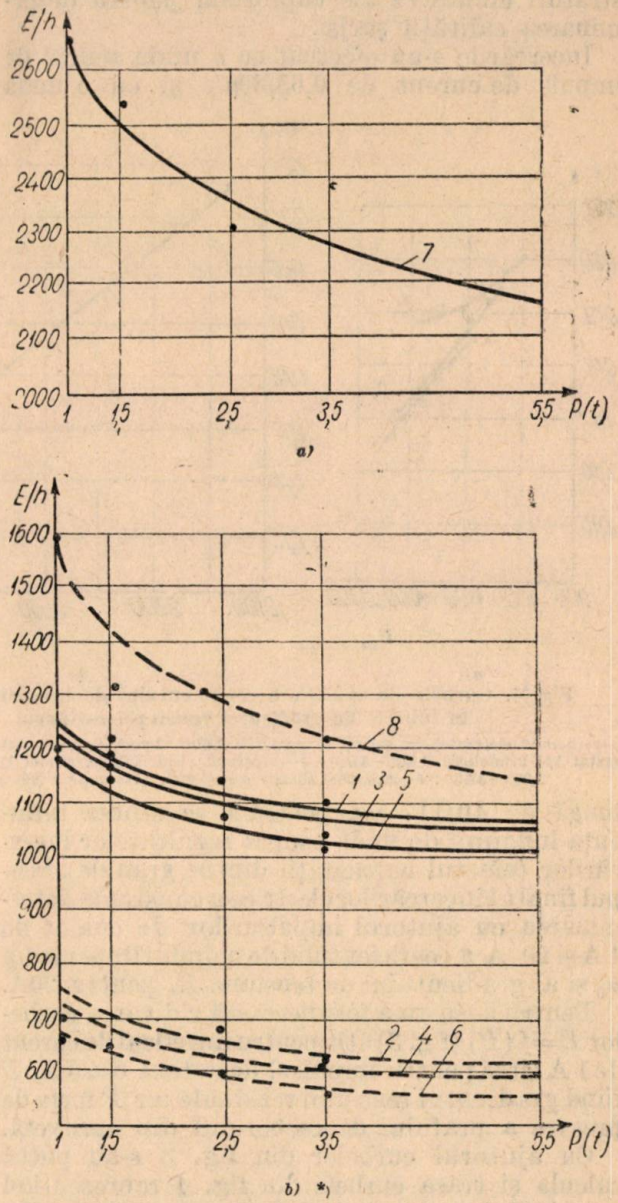


Fig. 3. Curbele de variaţie a gradientului tensiuni reziduale în funcţie de forţa de presiune, undă 40/117 μs
1 – carborund electrotehnic, stratul I, granulaţie 1 600—3 600 $E_{20} = f(P)$; *2* – carborund electrotehnic, stratul I, granulaţie 1600 – 3 600, $E_1 = f(P)$; 3 – carborund electrotehnic, stratul II, granulaţie 1600–3 600, $E_{20} = f(P)$; *4* – carborund electrotehnic, stratul II, granulaţie 1 600–3 600, $E_1 = f(P)$; *5* – carborund electrotehnic, stratul III, granulaţie 1 600–3 600, $E_{20} = f(P)$; 6 – carborund electrotehnic, stratul III, granulaţie 1 600–3 600, $E_1 = f(P)$; *7* – carborund abraziv selecţionat, granulaţie 1 600–3 600, $E_{20} = f(P)$; *8* – carborund abraziv selecţionat, granulaţie 1 600–3 600, $E_1 = f(P)$.

Rezultatul analizelor chimice *Tabela 2*

Natura carborundului	Stratul	Granulaţie ochiuri/cm²	Metoda de analiză	CSi	Fe_2O_3	Al_2O_3	Si + SiO_2
Electro-tehnic ICPET	I	1600—3600	dezagregării	96,96	0,19	1,59	1,34
Idem	II	idem	idem	96,86	0,16	2,37	0,56
idem	III	idem	idem	96,80	0,25	1,92	0,56
Abraziv	Probă medie	idem	idem	96,78	0,04	0,12	—

*) Punctele figurate corespund curbelor în ordinea lor pe verticală.

pendent de aceasta s-au efectuat încercări asupra a trei probe medii corespunzătoare la trei straturi cilindrice ale cuptorului pentru determinarea calităţii şarjei.

Încercările s-au efectuat cu o undă scurtă de impuls de curent de 0,65/30μ s şi cu o undă lungă de 40/117 μs, pentru a se studia influenţa lungimii de undă asupra rezultatelor încercărilor (efectul capacităţii dintre granule). Scopul final al încercărilor electrice a constat în determinarea cu ajutorul impulsurilor de curent de 1 A şi 20 A a coeficientului de neliniaritate mediu α_0 şi al gradientului de tensiune E_0 pentru 20A.

Pentru aceasta a fost necesară ridicarea curbelor $E=f(P)$ (fig. 3) atît pentru impulsul de curent de 1 A cît şi pentru impulsul de curent de 20 A, E fiind gradientul tensiunii reziduale iar P forţa de presare a prafului de carborund din epruvetă.

Cu ajutorul curbelor din fig. 3 s-au putut calcula şi trasa curbele din fig. 4 reprezentînd $\alpha = f(E_{20})$ din care pe baza segmentelor medii s-au determinat apoi valorile lui α_0 şi E_0.

Rezultatele finale ale acestor încercări sînt arătate în tabela 3 unde pentru comparaţie s-au dat şi valorile indicate de normele sovietice. În fig. 5 se dă caracteritica tensiune curent a prafului de carborund electrotehnic comparativ cu cel abraziv.

Concluzii. Carborundul electrotehnic românesc executat la Cluj cu concursul întreprinderii Carbochim constituie prima şarje de carborund electrotehnic fabricat în R.P.R.

Analizele fizico-chimice precum şiîncercările electrice mai ales au dovedit că acest carborund se poate compara cu cele mai bune cali-

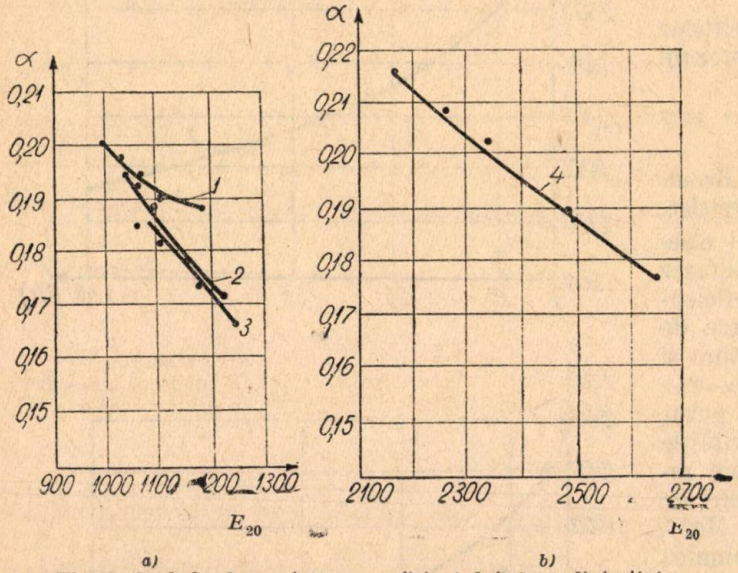


Fig. 4. Curbele de variaţie a coeficientului de neliniaritate în funcţie de gradientul tensiunii reziduale

1 — carborund electrotehnic, stratul I, granulaţie 1 600—3 600; 2 — carborund electrotehnic, stratul II, granulaţie 1 600—3 600; 3 — carborund electrotehnic, stratul III, granulaţie 1 600—3 600; 4 — carborund abraziv selecţionat, granulaţie 1 600—3 600.

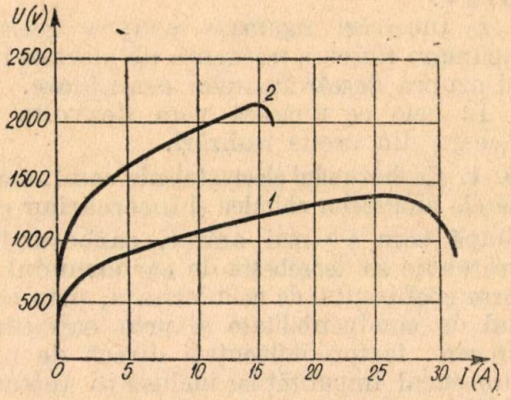


Fig. 5. Caracteristica tensiuni curent ridicată la osilograf

1 — carborund electrotehnic; 2 — carborund abraziv.

tăţi de carborund din străinătate. Randamentul bun obţinut precum şi calitatea superioară a tuturor zonelor permite utilizarea întregii şarje de cca. 2000 kg în scopul fabricării descărcătoarelor cu rezistenţă variabilă; cantitatea de material, asigură producţia a cca. 200 bucăţi descărcătoare de 15 şi 35 kV.

5. 2. Elaborarea tehnologiei de fabricaţie a rezistenţelor de lucru (discuri). Primele discuri cu rezistenţă variabilă executate la ICPET din carborund abraziv au avut dimensiunile Ø 75/ /20; aceste discuri, după cum s-au arătat, nu au fost date în exploatare deoarece:

— aveau un coeficient de neliniaritate mare $\alpha = 0{,}20 - 0{,}27$;

— prezentau o conductibilitate şi o capacitate de trecere nesatisfăcătoare.

O dată cu obţinerea carborundului electrotehnic cu caracteristici asemănătoare celor prevăzute de normele sovietice s-a adoptat şi dimensiunile discurilor sovietice şi anume: Ø 75/30 şi Ø 100/ /30; acest lucru apare şi mai logic dacă se are în vedere faptul că de la început ne-am propus să executăm descărcătoare de forma şi gabaritele celor sovietice, care satisfac pe deplin cerinţele exploatării.

Tehnologia de fabricaţie a discurilor a putut fi stabilită în urma executării a peste 100 loturi experimentale în care s-a urmărit influenţa

Rezultatele încercărilor electrice asupra prafului de carborund *Tabela 3*

Stratul	Granulaţia	Undă 0,65/30 μ s		Undă 40/117 μs		Norme sovietice	
		α_0	E_0 kV/cm	α_0	E_0 kV/cm	α_0	E_0 kV/cm
I	1600—3600	0,158	1,01	0,176	1,160	0,19	0,7—1,1
II	1600—3600	0,170	0,98	0,182	1,13	0,22	0,6—1,1
III	1600—3600	0,186	0,95	0,192	1,07	—	—
Abraziv	1600—3600	0,182	2,170	0,195	2,40	—	—

calității carborundului, liantului, granulației, umiditatea la presare, forța de presare, regimul de ardere etc.

Studiind influența fiecăruia din parametrii de mai sus, s-a putut ajunge în cele din urmă la definirea unei rețete și a unui proces tehnologic de fabricație pe baza cărora s-au și executat peste 1000 discuri cu rezistență variabilă cu care s-au echipat un număr de cca. 100 descărcătoare de 6 — 35 kV tensiune nominală.

Materialul din care s-au executat aceste discuri a rezultat din amestecul în anumite proporții a următoarelor materiale : carborund electrotehnic (granulație 900—6400 ochiuri/cm²), silicat de sodiu lichid, cretă și grafit. Materialul s-a presat la cca. 600 kg/cm². După presare discurile au fost uscate, acoperite pe suprafața laterală cu un chit special și arse după un regim de ardere adecvat (timpul de ardere în cuptor 12 ore, temperatură maximă 360°C). După ardere discurile au fost acoperite pe cele două suprafețe de bază cu o peliculă de aluminiu prin pulverizare cu metal topit.

5. 3. Elaborarea tehnologiei de fabricație a rezistențelor de șuntare. Spre deosebire de discuri, cercetările noastre în domeniul rezistențelor de șuntare au început mult mai tîrziu și anume în cursul anului 1956 după ce s-a primit ca sarcină executarea descărcătoarelor de 15 și 35 kV, și după ce am avut la dispoziție carborundul electrotehnic absolut, necesar executării acestor rezistențe.

Primele cercetări și loturi experimentale s-au axat pe folosirea argilei ca liant pentru carborund.

Aceste încercări nu au putut duce la un rezultat pozitiv întrucît nu a fost posibilă arderea rezistențelor de șuntare într-un cuptor cu hidrogen la 1400°C așa cum prevede tehnologia de fabricație sovietică, instalarea unui astfel de utilaj fiind inaccesibilă în momentul de față.

În fața acestei situații cercetările noastre s-au îndreptat spre folosirea altor lianți ca : bachelită silicat de sodiu lichid, ferite, policlorură de vinil etc., pentru a căror priză cu materialul de bază nu era necesară o temperatură prea ridicată ; niciunul din acești lianți nu a dat rezultate satisfăcătoare.

În cele din urmă s-a trecut la utilizarea ca liant a rășinilor naturale ; experimentările care s-au făcut cu schellac, oferă pînă în prezent caracteristici foarte bune atît electrice cît și mecanice.

Adoptarea acestui liant conduce la un proces tehnologic foarte simplu și ușor accesibil posibilităților noastre.

Astfel rețeta prevede utilizarea într-o proporție anumită a următoarelor materiale : carborund electrotehnic cu granulație foarte fină (trece prin sita de 10000 ochiuri/cm²) schellac, negru de fum. Presarea materialului se face la presiuni foarte mari cca. 2000 kg/cm². După presare urmează arderea acestor rezistențe după un regim de ardere adecvat și apoi metalizarea cu aluminiu. Menționăm că s-a adoptat ca formă constructivă

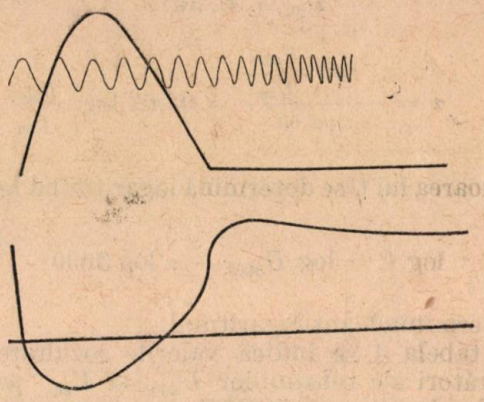


Fig. 6. Impuls de curent pentru stabilizarea discurilor cu rezistență variabilă (unda de tensiune și de curent pe disc) ; amplitudine circa 10 000 A ; unda 8,8/22,5 μ s.

pentru rezistențele de șuntare forma și dimensiunile rezistențelor de șuntare sovietice (segmente de cerc).

5. 4. Incercări riguroase asupra rezistențelor neliniare (discuri, rezistențe de șuntare) **precum și asupra descărcătoarelor asamblate** 5.4.1. *Încercări asupra rezistențelor de lucru* (*discuri*). Asupra discurilor executate s-au efectuat două operații :

a) stabilizare (formare electrică) ;

b) măsurarea caracteristicii tensiune-curent (volt-amper).

Stabilizarea discurilor s-a efectuat cu o undă de impuls de curent de 10000A, undă 8,8/22,5μs aplicîndu-se în total două impulsuri (cîte un impuls pe fiecare față).

Unda de curent oscilografiată cu care s-a efectuat stabilizarea discurilor este arătată în

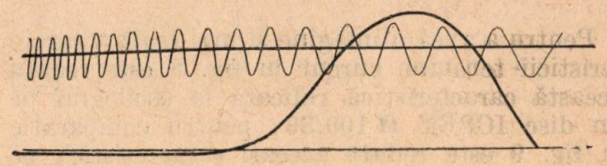


Fig. 7. Impuls de curent pentru încercarea discurilor cu rezistență variabilă ; amplitudinea 4 500 A ; unda 8,3/21 μ s.

fig. 6. Ridicarea caracteristicii tensiune curent s-a efectuat folosind o undă de impuls de curent de 8,3/21 μs (10/20 μs) conform fig. 7.

Coeficienții caracteristici α și C s-au determinat din calcule, folosind măsurarea tensiunii riziduale pe disc pentru două valori dinstincte ale impulsului de curent : 3000 A și 50 A.

După cum s-a mai menționat, expresia curbei de neliniaritate poate fi exprimată cu suficientă aproximație prin relația

$$U = CI^{\alpha}$$

care în cazul celor două măsurători devine:

$$U_{3000} = C.\ 3000^{\alpha} \qquad (1)$$

$$U_{50} = C.\ 50^{\alpha} \qquad (2)$$

sau $$\alpha = \frac{\log \frac{U_{3000}}{U_{50}}}{\log 60} = 0{,}562 \log \frac{U_{3000}}{U_{50}}.$$

Valoarea lui C se determină logaritmînd relația (1)

$$\log C = \log U_{3000} - \alpha \log 3000$$

și determinînd antilogaritmul.

În tabela 4 se indică valorile rezultate din măsurători ale tensiunilor U_{3000} și U_{50} pentru o serie de discuri ICPET în comparație cu aceleași măsurători efectuate pe discuri sovietice; alăturat se dau valorile lui α și C.

Tabela 4

Nr. crt.	Nr. de fabricație al discului	Proveniența discului	Diametrul discului mm	U_{3000}, volți	U_{50} volți.	α	C
1	19	ICPET	100/30	5500	2750	0,169	1430
2	23	„	„	5500	2865	0,159	1540
3	40	„	„	5980	3025	0,166	1580
4	50	„	„	5980	2800	0,184	1440
5	177	„	„	6250	3135	0,168	1620
6	196	„	„	6160	2970	0,178	1485
7	311	„	„	65 0	3305	0,167	1720
8	451	„	„	6550	3635	0,144	2070
9	—	URSS	„	6925	3305	0,181	1620
10	—	„	„	6530	3135	0,179	1670
11	—	„	„	6820	3255	0,180	1620
12	40	ICPET	75/30	5880	3135	0,154	1715
13	47	„	„	5780	3070	0,154	1675
14	179	„	„	5970	3135	0,156	1701
15	—	URSS	„	5780	2585	0,196	1200
16	—	„	„	6830	3135	0,190	1500

Pentru a avea o imagine și mai reală a caracteristicii tensiune curent în fig. 8 este redată această caracteristică ridicată la oscilograf pe un disc ICPET Ø 100/30; pentru comparație în fig. 9 este redată aceeași caracteristică pe un disc sovietic Ø 100/30.

Concluzii. Din încercările efectuate rezultă că discurile ICPET sînt de calitate foarte bună, fapt dovedit de următoarele caracteristici:

a) Grad de omogenitate ridicat (împrăștiere maximă 15%) față de 30 — 40% cît se admite pentru ca discurile să poată fi totuși utilizate.

b) Coeficient de protecție foarte bun 1,8 — 2; în literatură se recomandă cca. 2 și se admite ca valoare maximă 2,5.

c) Coeficient de neliniaritate foarte bun și anume

$$\alpha = 0{,}14 - 0{,}21$$

față de valoarea maximă admisă de normele sovietice: $\alpha = 0{,}23$.

d) Sarcină nominală de scurgere suficient de ridicată (3000 A).

e) Capacitate de trecere pe deplin satisfăcătoare.

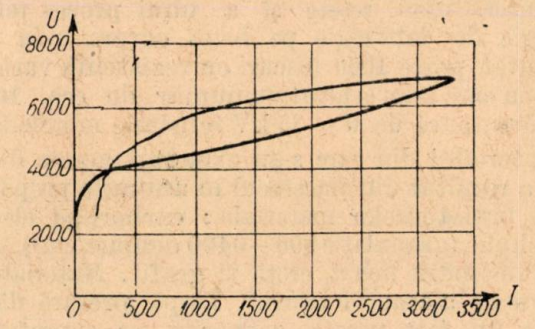


Fig. 8. Caracteristica tensiune curent pe un disc ICPET Ø 100/30.

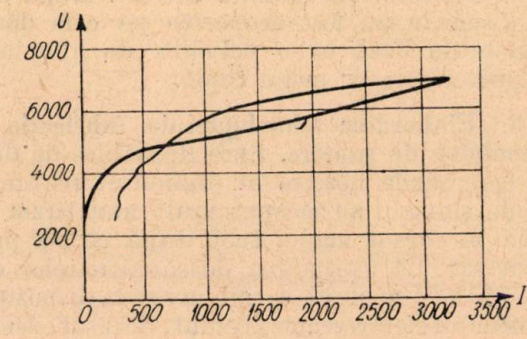


Fig. 9. Caracteristica tensiune curent pe un disc sovietic Ø 100/30.

5.4.2. *Încercări electrice asupra rezistențelor de șuntare.* Asupra rezistențelor de șuntare s-au efectuat următoarele încercări ce se studiază încă în prezent:

— formare electrică prin aplicarea unei tensiuni egală cu dublul tensiunii de serviciu maxime admisibile, timp de cca două secunde de trei ori;

— stabilizarea electrică prin aplicarea unei tensiuni egală cu tensiunea de serviciu maximă admisibilă timp de cca. 10 zile;

— măsurarea curentului la 1000 și 2000 V c.c. pe fiecare rezistență în parte;

— măsurarea curentului la 2000 și 4000 V c.c. pe complete de rezistențe.

Rezultatele obținute sînt identice cu cele ale rezistențelor de șuntare sovietice (curentul de conductibilitate pe complet fiind de cca. 120μA la 2000 V și 600μA la 4000 V). Piesele au o rezistență mecanică bună și sînt practic stabile la variațiile de temperatură impuse de condițiile de funcționare.

5.4.3. *Încercări electrice asupra descărcătoarelor.* Asupra descărcătoarelor gata asamblate s-au efectuat următoarele probe:

a) Măsurarea tensiunii de amorsare în 50 Hz.

b) Măsurarea tensiunii de amorsare la impuls, undă 1/50 μs. c) Măsurarea curentului de fugă și conductibilitate. d) Proba de etanșeitate.

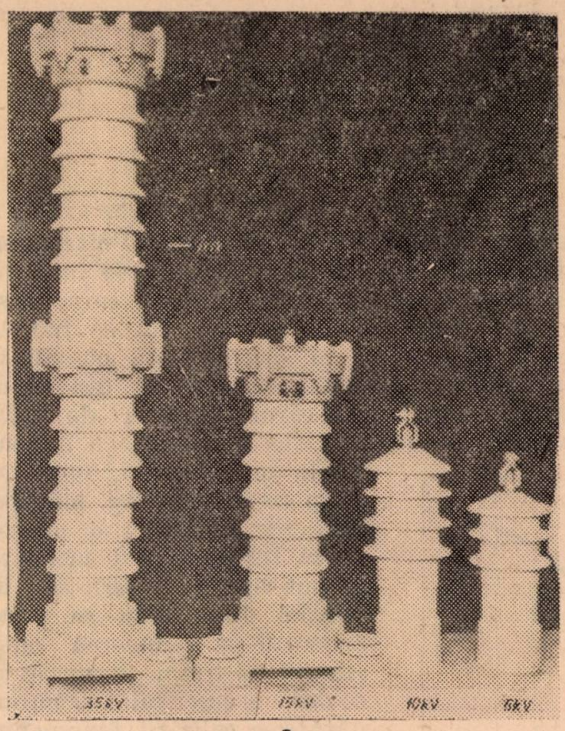


Fig. 10. Descărcătoare ICPET.

Prin calcule pe baza măsurătorilor efectuate asupra discurilor s-a putut determina:

e) Tensiunea reziduală pentru un curent de 3000 A. f) Curentul de însoțire.

Descărcătoarele ICPET de 6 și 10 kV au aceeași construcție ca descărcătoarele sovietice tip PBП—6 și 10 kV; descărcătoarele ICPET de 15 și 35 kV au aceeași construcție și aceleași caracteristici ca descărcătoarele sovietice tip PBC— 15 și 35 kV.

Ca urmare a acestui fapt tensiunea de serviciu maximă admisibilă, tensiunea de amorsare 50 Hz, tensiunea de amorsare la impuls, tensiunea reziduală sînt cele indicate în tabela 1 pentru descărcătoarele sovietice. Curentul de conductibilitate al descărcătoarelor de 15 și 35 kV este același cu cel al decărcătoarelor sovietice (450 — 600μA).

Descărcătoarele ICPET se deosebesc de cele sovietice prin următoarele caracteristici:

a) Coeficientul de neliniaritate α al discurilor ICPET este în general ceva mai bun decît al discurilor din descărcătoarele sovietice ceea ce conduce la un coeficient de protecție foarte bun.

b) Curentul de stingere la descărcătoarele ICPET este mai mic (tensiunea de stingere mai mare) decît la descărcătoarele sovietice.

c) Capacitatea de trecere a descărcăroarelor ICPET s-ar putea să fie ceva mai mică decît a descărcătoarelor sovietice deoarece discurile ICPET au o inerție (histerezis) mai mare.

Concluzii finale

1. Studierea și rezolvarea în mod științific a problemei descărcătoarelor cu rezistență variabilă în țara noastră poate fi considerată că a început în anul 1955 odată cu fabricarea carborundului electrotehnic și amenajarea stației de încercări.

2. Din punct de vedere *constructiv* și al *tehnologiei de fabricație* descărcătoarele ICPET sînt asemănătoare cu cele sovietice cu excepția rezistențelor de șuntare care au fost executate de noi după un proces tehnologic mai simplu și mai economic.

3. Din punctul de vedere al *caracteristicilor electrice*, descărcătoarele ICPET sînt asemănătoare celor sovietice cu excepția coeficientului de neliniaritate α care este mai bun la discurile ICPET. Pe considerații mai mult teoretice rezultă că descărcătoarele ICPET sînt mai bune din punct de vedere al curentului de stingere dar ceva mai slabe din punctul de vedere al capacității de trecere decît cele sovietice.

În aprecierea acestor date comparative trebuie să se mai țină seamă și de faptul că descărcătoarele sovietice sînt rezultatul unei fabricații de serie pe cînd descărcătoarele ICPET în număr de circa 100 sînt construite într-o stație pilot unde anumite faze ale procesului tehnologic au putut fi foarte riguros urmărite.

4. După o perioadă de timp de exploatare, pe baza unor rezultate pozitive, apreciem că dat fiind rezerva mare ce există din punct de vedere al curentului de stingere și deci și din punct de vedere al coeficientului de siguranță ai aparatului, se va putea executa în vitor descărcătoare de un gabarit mai mic sau cu un curent nominal de scurgere de peste 5000 A.

Bibliografie

[1] *Stanislas Teszner*: Semi-conducteurs éléctroniques et complexes dérivés, Paris, 1950.

[2] *Kamențev M. V.*: Materiale abrazive de sinteză, Moscova, 1950.

[3] *Sirotinski L. I.*: Tehnica tensiunilor înalte, Moscova 1951

[4] *Babicov M. A.*: Aparate electrice, Gosenergoizdat, Moscova — Leningrad, 1951.

[5] *Mihailov V. V.*: Calculul și construcția aparatajului de înaltă tensiune, Gosenergoizdat, Moscova—Leningrad, 1951.

[6] *Dolghinov A. I.*: Protecția instalațiilor electrice împotriva supratensiunilor atmosferice, Gosenergoizdat, Moscova—Leningrad, 1954.

[7] *Apraxin A. I.*: Descărcătoare pentru protecția contra supratensiunilor atmosferice, Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad, 1950.

[8] *Ivanov L. I.* și *Prujinina V. I.*: Influența impurităților asupra conductibilității electrice și neliniarității carburii de siliciu, Jurnal Tehniceskoi Fiziki, tom XXVI, (1956,) ian. p. 220.

[9] *Gorev A. A.* și *Pireazeva A. I.*: Capacitatea de trecere la șoc a descărcătoarelor cu vilit moderne, Elektricestvo, 1951, nr. 9, p. 3.

[10] *Saveliev V. P.*: Capacitatea de stingere a descărcătoarelor cu rezistență variabilă moderne, Elektricestvo, 1948 nr. 5 p. 40.

[11] *Bader J.*: Protector ventil de fabricație poloneză, Przeglad Elektrotechniczny, 1952, nr. 12, p. 471.

[12] *Lukomski Hieronim*: Protectori ventil, Przeglad Elektrotechniczny, 1952, nr. 10, p. 385.

[13] *Lukomski Hieronim*: Rezistența variabilă a parafulgerelor cu cădere catodică, Przeglad Elektrotechniczny, 1954, nr. 7, p. 288.

[14] *Szepesi Endre*: Construcția și principiul de funcționare al parafulgerelor de fabricație ungară, Elektrotechnika, 1952, nr. 11—12, p. 360.

[15] *Rabus Willy*: Uberspannungsableiter mit Spannungsabhängigem Widerstand und Löschfunkenstreke, A.E.G. Mitteilungen, 1956, nr. 5/6, p. 181.

[16] *Meyer G.*: Anforderungen an den Uberspannungsschutz und Erfahrungen mit Ableitern in Niederspannunganlagen, Energie Technik (1954), 4, p. 170.

Elemente de calcul al amplificatoarelor magnetice

SERGIU ŞAPIRA — Bucureşti *)

Calculul amplificatoarelor magnetice se poate trata atît analitic cît şi experimental. In articol se expune o metodă grafo-analitică bazată pe trasarea experimentală a curbelor de magnetizare în diferite regimuri de premagnetizare cu ajutorul unui amplificator magnetic, construit în acest scop. Se scot în evidenţă măsurile cele mai importante legate de obţinerea unei amplificări de bună calitate şi se arată influenţa parametrilor electrici asupra valorii factorului de amplificare şi greutăţii amplificatorului. Rezultatele calculelor sînt concretizate într-o serie de diagrame, care permit dimensionarea amplificatoarelor în baza unui procedeu arătat în text. In încheiere se arată concluziile care se desprind din interpretarea acestor diagrame.

CZ 621.375.3

1. Generalităţi

Amplificatoarele magnetice sînt aparate statice, a căror funcţionare se bazează pe variaţia neliniară a inducţiei cu intensitatea cîmpului magnetic.

Printre primele aplicaţii ale acestui principiu au figurat modulatoarele magnetice în circuitele microfoanelor staţiilor de emisie şi dispozitivele pentru măsurarea curenţilor continui foarte intenşi în fabricile de aluminiu. Puţin mai tîrziu amplificatoarele magnetice au început să fie folosite pe cale largă la instalaţiile de iluminat ale teatrelor, dovedindu-se foarte comode pentru variaţia lentă a iluminării [1]. În ultimele două decenii amplificatorul magnetic a devenit un element de automatizare, esenţial, găsindu-şi aplicaţii la reglarea temperaturii cuptoarelor, stabilizarea statică a tensiunilor, reglarea turaţiei motoarelor electrice, executarea releelor fără contacte etc. [2].

În toate aceste utilizări schema de principiu a amplificatorului diferă în funcţie de natura curentului de amplificat (continuu sau alternativ), viteza de variaţie a curentului de comandă, puterea de ieşire, frecvenţa sursei de alimentare etc. Pentru obţinerea unui curent de sarcină alternativ modulat în amplitudine, sau a unui curent continuu variabil într-un singur sens se foloseşte amplificatorul polarizat. Polarizarea se face cu scopul situării punctului de funcţionare în mijlocul porţiunii liniare a caracteristicii de amplificare. Pentru a nu se induce curenţi alternativi în circuitul de comandă, amplificatorul obişnuit se execută din două miezuri magnetice ale căror înfăşurări de utilizare se conectează astfel în raport cu înfăşurările de comandă, încît în timp ce un miez îşi măreşte inducţia celălalt şi-o micşorează. Înfăşurările de utilizare se pot conecta în serie sau în paralel după cum se pune accentul pe reducerea constantei de timp, forma sinusoidală a curentului şi îmbunătăţirea calităţii fenomenului tranzitoriu, sau pe economicitate.

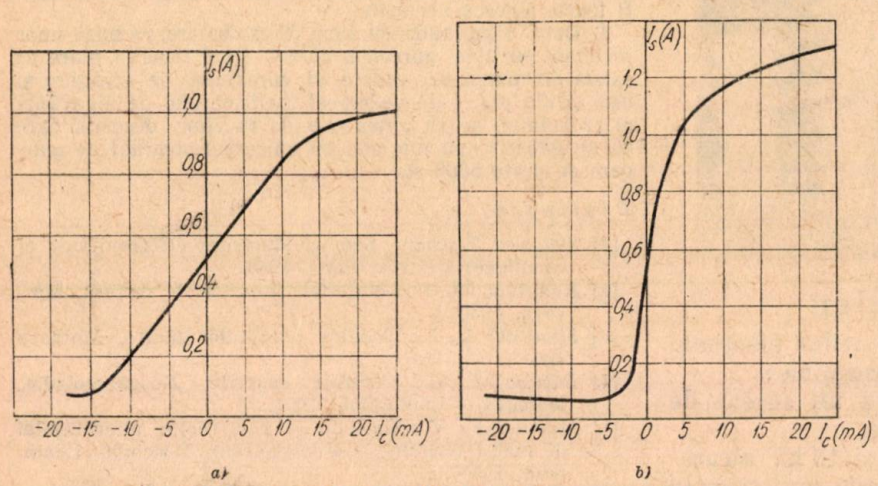


Fig. 1. Caracteristica amplificatorului magnetic polarizat:
a – fără reacţie; *b* – cu reacţie.

Amplificatorul cu înfăşurările de utilizare conectate în paralel este de obicei mai economic datorită faptului că reacţia poate fi internă deci nu necesită o înfăşurare specială. În schimb acest montaj are o constantă de timp mai mare iar bucla formată de înfăşurările de utilizare

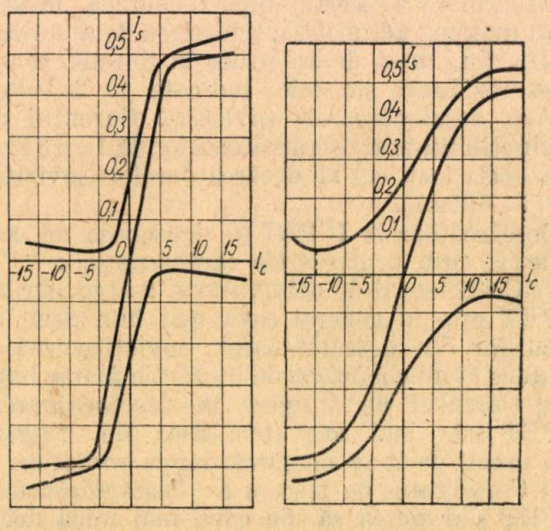


Fig. 2. Caracteristica amplificatorului magnetic în dublu tact:
a – fără reacţie; *b* – cu reacţie.

*) Ing. S. Şapira este cercetător la I.C.P.E.T.

se comportă ca un bobinaj în scurtcircuit faţă de tensiunea indusă de variaţia curentului de comandă. Din această cauză conexiunea paralel a înfăşurărilor de utilizare se foloseşte numai pentru amplificarea semnalelor cu variaţie lentă [3]. Pentru cazurile în care se urmăreşte schimbarea cu 180° a fazei curentului de sarcină alternativ sau al sensului curentului de sarcină continuu, în funcţie de polaritatea semnalului de comandă, se recurge la montajele în dublu tact. Aceste montaje prezintă la rîndul lor o serie de variante (diferenţiale, în puncte, transformatorice etc.) a căror avantaje sînt puse în evidenţă de natura utilizărilor. În orice caz la baza tuturor montajelor complexe care se ivesc în schemele de automatizare se află amplificatoarele simple citate mai sus. De aceea considerăm utilă stabilirea unei metode de calcul a acestor amplificatoare, urmînd ca pe baza rezultatelor dobîndite să se facă alegerea elementelor constitutive ale schemei.

La calcularea amplificatoarelor se ivesc două probleme importante.

a) În cazul amplificării puterilor foarte reduse se impune stabilirea pragului minim de sensibilitate, la un nivel mai ridicat decît cel al factorilor perturbatori. Din această cauză preocuparea proiectantului trebuie să fie asigurarea unei stabilităţi cît mai mari a caracteristicii amplificatorului [4].

b) Pentru obţinerea unor amplificări mari fără distorsiuni importante, se urmăreşte folosirea unor caracteristici de amplificare cu porţiunea liniară foarte cuprinzătoare. Acest rezultat se obţine cu atît mai bun cu cît curba de magnetizare a fierului prezintă o inducţie de saturaţie mai înaltă şi cu cît cotul curbei de magnetizare este mai accentuat.

Legea care stă la baza calculului amplificatoarelor magnetice constă în egalitatea valorilor medii ale amperspirelor de curent alternativ $I_{\sim}W_{\sim}$ şi ale amperspirelor de curent continuu $W_c I_c$ pentru fiecare miez, în regimul de scurt. circuit al amplificatorului. Acest lucru decurge fizic din constatarea că abaterea teoretică de la această relaţie atrage după sine cumularea unei energii din ce în ce mai mari în cîmpul magnetic al miezului amplificatorului [5]. Pentru ca această lege să poată fi aplicată la schemele reale cu amplificatoare magnetice, este necesar ca regimul de funcţionare al amplificatoarelor să fie cît mai apropiat de scurtcircuit, adică impedanţa de sarcină foarte redusă în raport cu impedanţa înfăşurărilor de utilizare ale amplificatorului.

Din legea de bază a amplificatoarelor magnetice $W_{\sim} I_{\sim} = W_c I_c$ se deduc relaţiile următoare:

1. Factorul de amplificare al curentului [6] montajul serie: $\alpha_I = \frac{I_s}{I_c} = \frac{W_c}{W_{\sim}}$; montajul paralel: $\alpha_I = \frac{I_s}{I_c} = 2\frac{W_c}{W_{\sim}}$; I_s – curentul de sarcină.

2. Factorul de amplificare al tensiunii

$$\alpha_U = \frac{U_s}{U_c} = \frac{I_s R_s}{I_c R_c} = \alpha_I \frac{R_s}{R_c};$$

R_s – rezistenţa sarcinii,

R_c rezistenţa circuitului de comandă.

3. Factorul de amplificare al puterii

$$\alpha_p = \frac{P_s}{P_c} = \frac{I_s^2 R_s}{I_c^2 R_c} = \alpha_I^2 \frac{R_s}{R_c} = \alpha_I \cdot \alpha_U.$$

Cunoscînd aceşti coeficienţi precum şi raportul $K_r = \frac{F_r}{F_{\sim}}$ dintre amperspirele de reacţie şi cele de utilizare se pot deduce factorii de amplificare corespunzători montajelor cu reacţie.

1. Factorul de amplificare al curentului

$$\alpha_{Ir} = \frac{\alpha_i}{1 \pm K_r}.$$

2. Factorul de amplificare al tensiunii

$$\alpha_{Ur} = \frac{\alpha_U}{1 \pm K_r}.$$

3. Factorul de amplificare al puterii

$$\alpha_{Pr} = \frac{\alpha_p}{(1 \pm K_r)^2}.$$

În aceste formule semnul plus corespunde reacţiei negative iar semnul minus reacţiei pozitive.

2. Dimensionarea amplificatoarelor

Amplificatoarele magnetice fiind aparate cu caracteristică neliniară, pentru care nu poate fi elaborată o metodă de calcul riguros exactă, se pune problema găsirii unor metode simplificatoare de ordin analitic sau grafic, care să permită deducerea parametrilor constructivi. În practică se cere de obicei ca pe baza puterii de utilizare şi a puterii de comandă să se deducă dimensiunile şi greutatea amplificatorului, respectiv a fierului activ şi cuprului.

Din punct de vedere analitic, problema poate fi soluţionată pe calea exprimării curbei de magnetizare sub forma unei relaţii matematice între valoarea cîmpului magnetic şi valoarea inducţiei. Această funcţie este de obicei un sinus hiperbolic al cărui modul şi argument conţine coeficienţii care adaptează curba analitică celei experimentale. Rezultatele practice obţinute cu această funcţie au fost satisfăcătoare pentru materiale magnetice normale. Metoda de calcul se bazează pe aplicarea legii lui Kirchhoff circuitelor electrice, a legii lui Ampère circuitelor magnetice şi stabilirea relaţiei analitice dintre flux şi curent [7].

Din punct de vedere grafic procedeul se bazează pe trasarea curbelor de magnetizare

pentru toată gama uzuală a cîmpurilor de premagnetizare şi intersectarea acestei familii de curbe cu curba de sarcină; cînd sarcina este activă această curbă se reprezintă printr-o

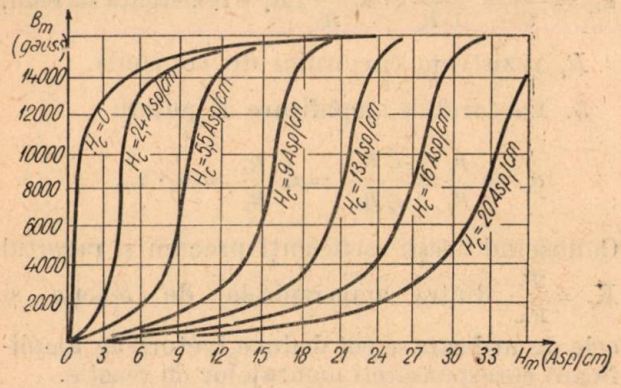


Fig. 3. Curbele de magnetizare ale amplificatorului magnetic cu înfăşurările de utilizare conectate în serie. Oţel E 4 A grosimea tolei 0,35 mm, frecvenţă 50 Hz, la inducţie sinusoidală.

ramură de elipsă, iar pentru sarcină pur inductivă printr-o linie dreaptă.

Metoda de calcul care se expune aici este o metodă grafo-analitică ce are ca scop trasarea diagramelor de variaţie a volumului şi greutăţii amplificatorului cu cîmpul de premagnetizare, pentru diferite puteri de utilizare [8].

În vederea acestui calcul se fac următoarele ipoteze simplificatoare:

a) Se admite că tensiunea la bornele amplificatorului conectat în serie cu impedanţa de sarcină este sinusoidală. Această ipoteză nu introduce erori prea mari deoarece curbele caracteristice ale amplificatorului sînt puţin afectate de forma tensiunii.

b) Nu se iau în consideraţie fluxurile de dispersie, pierderile active în cuprul amplificatorului şi pierderile din miezul magnetic.

Calculul porneşte de la ecuaţiile circuitului de sarcină pentru două regimuri limită şi anume: pentru cîmp de premagnetizare nul şi maxim. Formulele se stabilesc în ipoteza conexiunii serie a înfăşurărilor de utilizare. În vederea exprimării ecuaţiilor de funcţionare în cele două regimuri menţionate se introduc următoarele notaţii:

$U_\sim$ — tensiunea de alimentare în valori eficace (V);

$P_i = I^2 Z_N$ — puterea de sarcină (VA);

B_0 — inducţia miezului fără premagnetizare (Gauss) în valori maxime;

H_0 — intensitatea cîmpului magnetic fără premagnetizare (Asp/cm) în valori maxime;

I_0 — curentul fără premagnetizare (A) în valori eficace,

U_0 — tensiunea aplicată înfăşurărilor amplificatorului fără premagnetizare (V) în valori eficace;

B_k — inducţia miezului cu premagnetizare maximă (Gauss) în valori maxime;

H_k — intensitatea cîmpului magnetic cu premagnetizare maximă (Asp/cm);

I_k — curentul cu premagnetizare maximă (A) în valori eficace;

U_k — tensiunea aplicată înfăşurărilor amplificatorului cu premagnetizare maximă (V) în valori eficace;

$K=\frac{I_k}{I_0}$ — raportul între curentul de sarcină cu premagnetizare maximă şi curentul fără premagnetizare;

$W_\sim$ — numărul spirelor de curent alternativ pe fiecare miez;

S_0 — secţiunea miezului de fier (cm²);

l_0 — lungimea medie a circuitului magnetic (cm);

S_f — suprafaţa ferestrei miezului (cm²);

$l_{W\sim}$ — lungimea medie a spirelor înfăşurării de utilizare (cm);

W_c — numărul de spire al înfăşurărilor de comandă;

V_0 — volumul miezului de fier (cm³);

P_c — puterea de comandă (VA);

R_c — rezistenţa circuitului de comandă (Ω);

l_{wc} — lungimea medie a spirelor de comandă (cm);

s_c — secţiunea conductoarelor circuitului de comandă (mm²);

S_{Fc} — suprafaţa ferestrei ocupată de înfăşurările de comandă (cm²);

S_{Fa} — suprafaţa ferestrei ocupată de înfăşurarea de curent alternativ (cm²);

K_u — factorul de umplere a înfăşurărilor;

β — raportul dintre suprafaţa ferestrei ocupate de înfăşurarea de c.a. şi cea de c.c.;

δ — densitatea de curent în înfăşurările amplificatorului A/mm².

a) Ecuaţia circuitului de sarcină fără premagnetizare.

$$U^2 = (U_0 + I_0 X_N)^2 + I_0^2 R_N . \qquad (1)$$

b) Ecuaţia circuitului de sarcină cu premagnetizare maximă.

$$U_\sim^2 = (U_k + I_k X_N)^2 + I_N^2 R_N^2 . \qquad (2)$$

Tensiunea la bornele amplificatorului pentru montajele- serie

$$U_\sim = 4{,}44\ f.\ 2\ W_\sim S_0\ B \cdot 10^{-8}\ [\mathrm{V}] \qquad (3)$$

Din ecuaţiile (1) (2) şi (3) se deduce secţiunea miezului

$$S_0 = \frac{I_k X_N \left(B_k - \frac{B_0}{K}\right) + I_k \sqrt{X_N^2 \left(\frac{B_0}{K} - B_k\right)^2 + Z_N^2 \left(1 - \frac{1}{K^2}\right)\left(B_0^2 - B_k^2\right)}}{8{,}88\, f\, W_\sim \left(B_0^2 - B_k^2\right) \cdot 10^{-8}} [\mathrm{cm}^2]. \qquad (4)$$

Din expresia intensităţii cîmpului magnetic alternativ

$$H_k = \frac{\sqrt{2}\, I_k\, W_\sim}{l_0}\ (\mathrm{Asp/cm}) \qquad (5)$$

se scoate l_0 — care multiplicat cu formula (4) duce la expresia volumului.

$$V_0 = \frac{1{,}6 \times 10^7 \times P_i \left[\left(B_k - \frac{B_0}{K}\right) \sin\varphi + \sqrt{\left(B_k - \frac{B_0}{K}\right)^2 \sin^2\varphi + \left(1 - \frac{1}{K^2}\right)\left(B_0^2 - B_k^2\right)}\right]}{f\, H_k \left(B_0^2 - B_k^2\right)} [\mathrm{cm}^3]. \qquad (6)$$

Pentru sarcină activă

$$V_0 = \frac{1{,}6 \times 10^7 \times P_i \times \sqrt{1-\frac{1}{K^2}}}{f \cdot H_k \sqrt{B_0^2 - B_k^2}} \qquad (7)$$

Pentru sarcină inductivă

$$V_0 = \frac{1{,}6 \times 10^7 \times P_i \left(1-\frac{1}{K}\right)}{f \cdot H_k (B_0 - B_k)} . \qquad (8)$$

Raportînd volumul obținut la puterea de utilizare se observă că dimensiunile amplificatorului sînt mai mari pentru sarcină reactivă decît pentru sarcină activă. Se constată de asemenea că volumul specific scade cu creşterea intensității cîmpului de premagnetizare după o lege hiperbolică. Acest fapt ne permite să tragem concluzia că din punctul de vedere al greutății şi dimensiunii amplificatorului este favorabil să se lucraze cu cîmpuri de premagnetizare cît mai mari.

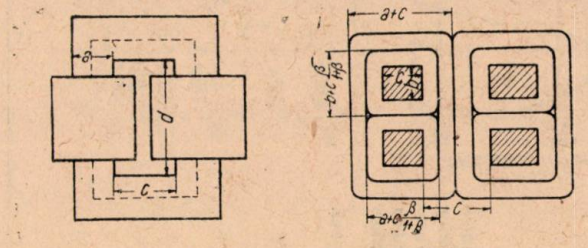


Fig. 4. Forma constructivă a amplificatorului magnetic.

La dimensionare amplificatorului trebuie avută însă în vedere, afară de greutate şi dimensiuni, variația factorului de amplificare a puterii cu cîmpul de premagnetizare. În acest scop se exprimă puterea de comandă în funcție de dimensiunile geometrice ale amplificatorului. Aceste dimensiuni se aleg astfel încît fereastra miezului să crească cu cîmpul de premagnetizare, dat fiind că la premagnetizări mai mari sunt necesare şi cantități mai mari de cupru. Relațiile care leagă dimensiunile ferestrei de dimensiunile geometrice ale miezului magnetic, se aleg astfel încît să se obțină raportul convenabil între consumul de cupru şi consumul de fier.

Raportînd puterea de utilizare scoasă din expresia volumului miezului magnetic la puterea de comandă astfel exprimată se obține factorul de amplificare a puterii. Această expresie se reduce pînă la urmă la o formă care depinde numai de volumul miezului de fier şi de valoarea cîmpului de premagnetizare.

Astfel se obține pentru sarcină activă

$$\alpha_p = \frac{P_i}{P_c} = \frac{(1000 S_F - 5{,}6 H_c l_0) V_0 \sqrt{B_0^2 - B_k^2}}{1125 H_c l_0^2 \left[a + \frac{2V_0}{a l_0} + c\left(1 + \frac{1{,}14 H_c l_0}{S_F}\right)\right]} ; \qquad (9)$$

pentru sarcină reactivă

$$\alpha_p = \frac{P_i}{P_c} = \frac{(1000 S_F - 5{,}6 H_c l_0) V_0 (B_0 - B_k)}{1125 H_c l_0^2 \left[a + \frac{2V_0}{a l_0} + c\left(1 + \frac{1{,}14 H_c l_0}{S_F}\right)\right]} . \qquad (10)$$

Analizînd această formă definitivă se constată că factorul de amplificare scade cu creşterea cîmpului de premagnetizare. Cu alte cuvinte orice reducere de volum sau greutate prin sporirea cîmpului de premagnetizare se face în dauna factorului de amplificare.

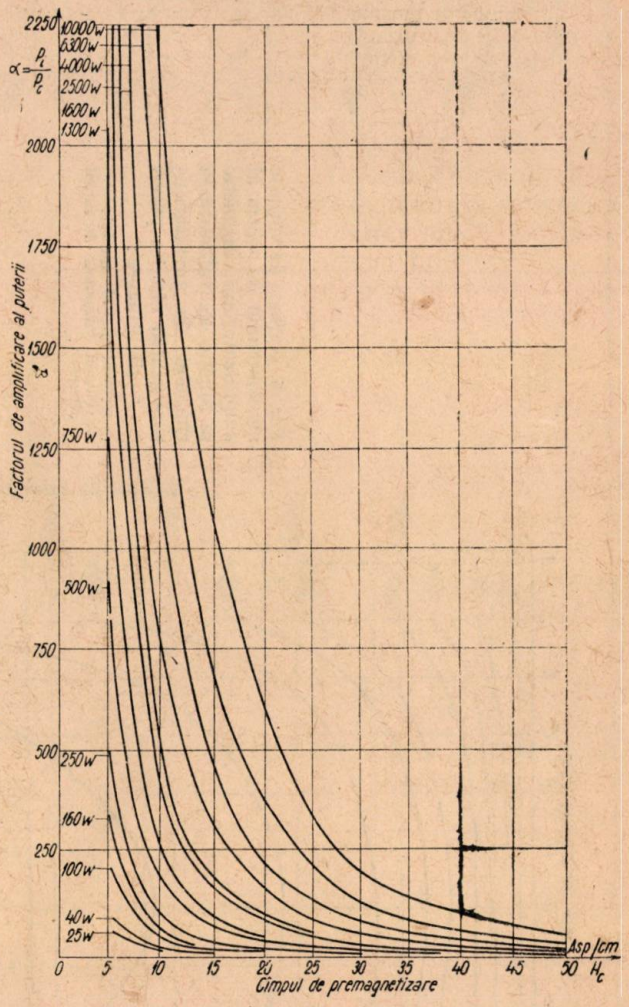


Fig. 5. Curbele de variație ale factorului de amplificare a puterii în funcție de intensitatea cîmpului de premagnetizare pentru diferite puteri de utilizare.

Un factor favorabil la dimensionarea amplificatoarelor magnetice este alegerea unei inducții cît mai înalte în regim de premagnetizare nulă.

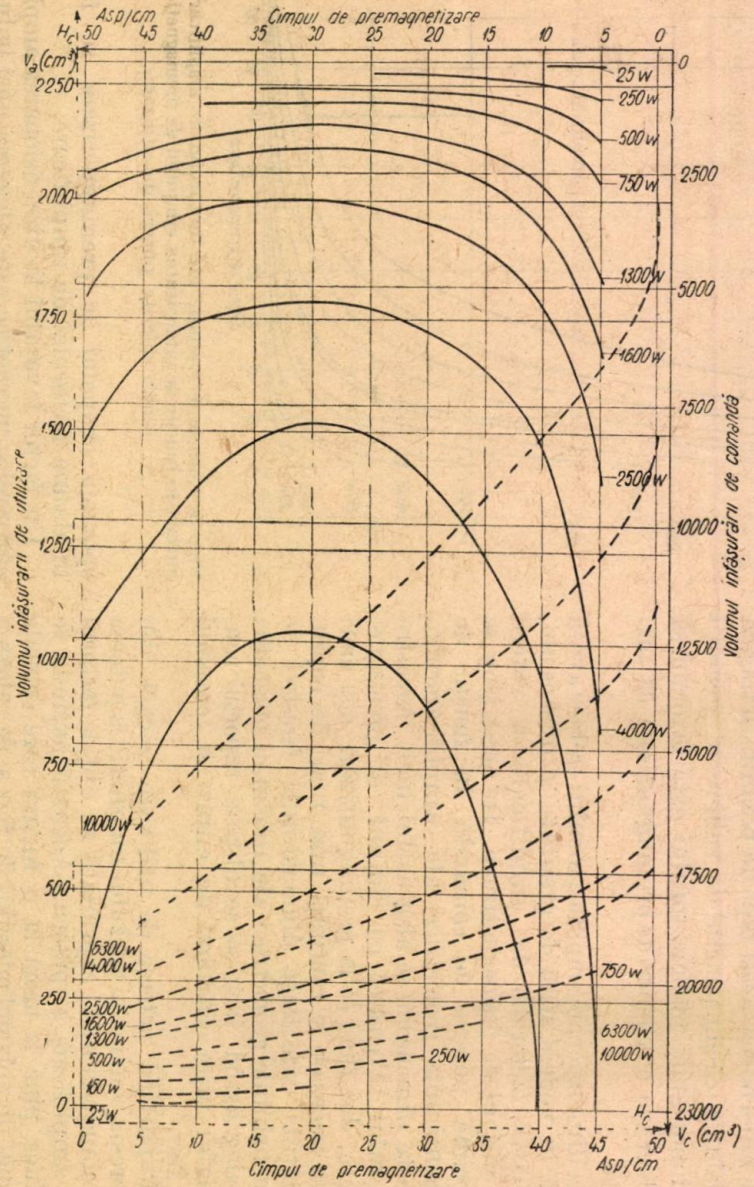


Fig. 6. Curbele de variație ale volumului de cupru al amplificatorului magnetic în funcție de intensitatea cîmpului de premagnetizare pentru diferite puteri de utilizare:

— volumul total al cuprului;
.... volumul înfășurării de curent alternativ.

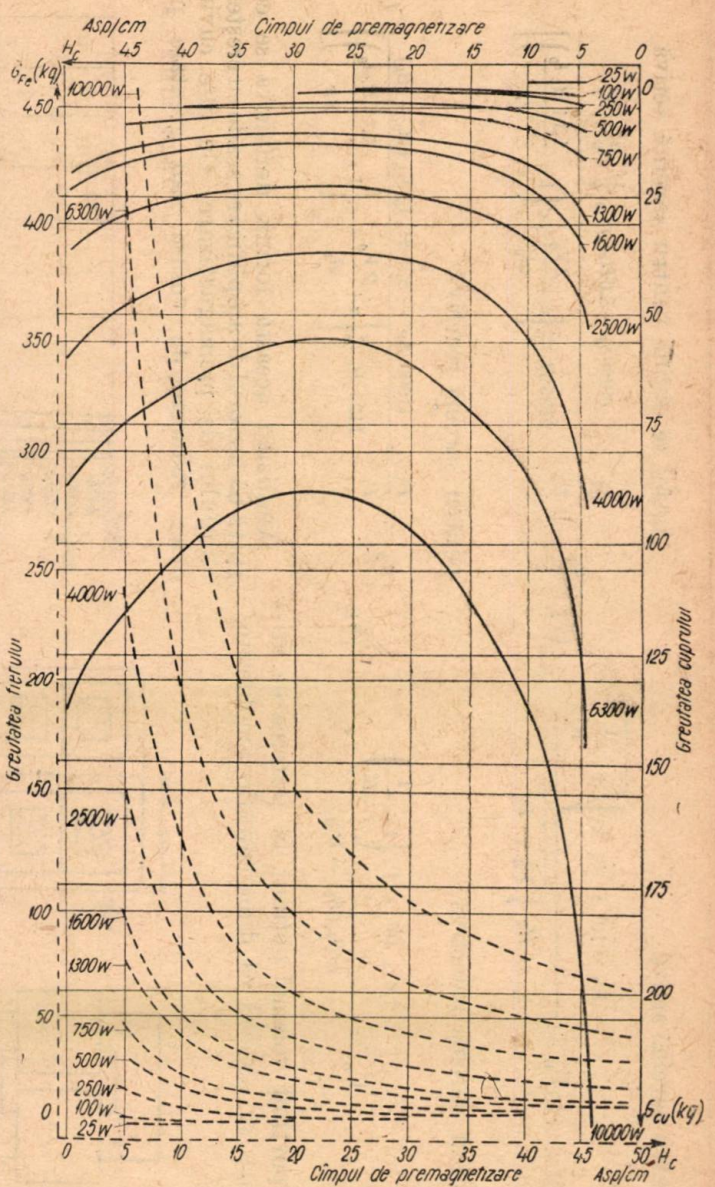


Fig. 7. Curbele de variație ale greutăților elementelor componente ale amplificatorului magnetic, pentru diferite puteri de utilizare

— greutatea cuprului;
... greutatea miezului de fier.

Totuşi pentru eliminarea influenţei variaţiilor de tensiune ale reţelei, inducţia corespunzătoare regimului fără premagnetizare se alege înainte de cotul curbei.

Mai rămîne ca în vederea stabilirii relaţiei dintre volumul cuprului înfăşurărilor şi cîmpul de premagnetizare, să se exprime aceste mărimi în funcţie de dimensiunile geometrice ale miezului de fier.

Se obţine :

Pentru volumul înfăşurării de curent alternativ

$$V_{\sim} = 4\,cd\frac{\beta}{1+\beta}\left(a + b + c\frac{\beta}{1+\beta}\right)[\mathrm{cm}^3]. \quad (11)$$

Pentru volumul total al cuprului amplificatorului.

$$V_{cuT} = 2\,cd\left[2b + (a + c)\frac{1+2\beta}{1+\beta}\right][\mathrm{cm}^3]. \quad (12)$$

În această situaţie se poate întocmi diagrama greutăţii totale a fierului şi cuprului amplificatorului în funcţie de intensitatea cîmpului de premagnetizare.

3. Procedeul de calcul

Pentru efectuarea calculului amplificatorului se porneşte de la puterea de utilizare şi de la puterea de comandă disponibilă. Făcîndu-se raportul lor se obţine factorul de amplificare al puterii.

În cele ce urmează se redau în ordine cronologică, operaţiunile prin care trece calculul amplificatoarelor magnetice bazate pe metoda grafo-analitică.

1. Se alege din fig. 3 inducţia B_0 corespunzătoare curbei de premagnetizare nulă.

2. Din fig. 5 se deduce intensitatea cîmpului de premagnetizare pentru puterea şi factorul de amplificare dat. La această premagnetizare se stabileşte punctul corespunzător de funcţionare pe curba din fig. 3 imediat deasupra cotului inferior al acestei curbe. Se determină astfel coordonatele H_k', B_k ale punctului de sarcină maximă.

3. În baza acestor valori se calculează cu formula $V_0 = f(H, B)$ volumul miezului de fier.

4. La intensitatea maximă a cîmpului de premagnetizare H_c şi puterea de utilizare dată, se deduce din fig. 6 volumul ocupat de cuprul înfăşurării de utilizare şi de comandă. Pornind de la aceleaşi date se obţine din fig. 7 greutatea totală a cuprului şi fierului amplificatorului.

5. Preţul de cost al materialului din care este construit amplificatorul, rezultă din însumarea greutăţilor cuprului şi fierului deduse din fig. 7 după multiplicarea lor cu preţurile unitare respective. Pentru aprecierea preţului de cost al amplificatorului este necesar să se adăugă la valoarea preţurilor calculate şi cheltuielile de manoperă.

Calculele şi diagramele care stau la baza acestui studiu s-au făcut în ipoteza conexiunii serie a miezurilor magnetice. În cazul conexiunii paralel a miezurilor rămîne valabilă aceeaşi metodă de calcul cu deosebirea că trebuie trasată o altă familie a curbelor de magnetizare.

Concluzii

Din cele expuse se pot trage următoarele concluzii :

1. Factorul de amplificare al puterii creşte cu dimensiunile amplificatorului şi scade cu creşterea gradului de premagnetizare.

2. Pentru puterile mici se obţin amplificări convenabile cu premagnetizări reduse, iar pentru puterile mari aceleaşi amplificări se obţin cu premagnetizări mari. Folosirea premagnetizărilor mari pentru puterile importante urmăreşte reducerea greutăţii amplificatorului, avîndu-se în vedere că factorul de amplificare creşte cu greutatea acestuia.

3. Pornind de la puterea şi factorul de amplificare dat, rezultatele calculului permit alegerea dimensiunilor fierului şi înfăşurărilor de utilizare şi de comandă.

Rezultatele obţinute au fost comparate cu datele prospectelor străine, constatîndu-se o concordanţă satisfăcătoare [9].

Bibliografie

[1] *Geyger W. A.* : Magnetic amplifier Circuits Mc. Graw-Hill, 1954, New York.

[2] *Bessonov L. A.* : Primenenie droselei nasăscenia v sovremenoi tehnike, Electricestvo, (1948) 5, p. 4–20.

[3] *Rosemblat M. A.* : Magnitnîe usiliteli, Gosenergoizdat, 1955, Moscova, p. 33–41.

[4] *Rosemblat M. A.* : Osnovă postroenia magnitnih usilitelei s niskim porogom ciuvstvitelnosti, Avtomatica i Telemehanika, 17, (1956) 1, p. 66.

[5] *Kubec V., Cenek I.* : Der Transduktor und seine Anwendung, Deutsche Electrotechnik, (1955), 3, p. 87-92.

[6] *** : Magnetic amplifiers (Magnitnîe usiliteli), traducere, Sovetskoe Radio, Moscova, (1952), p. 51–60.

[7] *Osoveţ S.M.* : Proectirovanie i rasciot droselei nasăşcenia, Electricestvo, (1948), 5, p. 22–32.

[8] *Vasiliev M. P., Sedih C. A.* : Rasciot drose-lnih magnitnih usilitelei s complexnoi nagruscoi, Avtomatica i Telemehanika, 16, (1955) 1,.

[9] Prospect A.E.G., Magnetische Vestärker, octombrie, 1955.

Problemele construcției condensatoarelor de forță pentru tensiunea de 6,6 kV

A. BERCU — București *)

Condensatoarele folosite pentru ameliorarea factorului de putere în instalațiile industriale trebuie să satisfacă la o serie întreagă de prescripții. Autorul prezintă condensatoarele de 15 kVAr construite la ICPET pentru tensiunea de 6,6 kV. Sînt expuse caracteristicile principalelor materiale folosite și justificarea alegerilor, tehnologia detaliată de fabricație și rezultatele încercărilor efectuate.

CZ 621.319.4.027.5 :621.316.727.

Generalități

Pentru îmbunătățirea factorului de putere, unul din mijloacele artificiale folosite este conectarea în derivație a condensatoarelor de forță.

Dacă condensatoarele de forță de joasă tensiune sînt folosite în general la compensarea individuală sau pe grupe a factorului de putere, condensatoarele cu tensiunea nominală de 6,6 kV sînt utilizate, de obicei, la compensarea centralizată, fiind montate pe barele de înaltă tensiune ale stațiilor coborîtoare 6,6/0,380 kV. În mod cu totul special sînt folosite la compensarea individuală a receptoarelor inductive, lucrînd la tensiunea de 6,6 kV.

În tehnica mondială sînt astăzi două tendințe în ce privește construcția acestor condensatoare, și anume :

Construcții monofazate de puteri reduse, realizate de industria sovietică și principalele firme europene. Condensatoarele de tip sovietic [1] pentru tensiunea de 6,6 kV și puterea reactivă 10 kVAr sînt realizate cu bobinaje plate și impregnate în ulei mineral. Condensatoarele fabricate de firma Lepper, R.F.G. [2] pentru aceeași tensiune și cu gama de puteri între $16^2/_3$ și $33^1/_3$ kVAr sînt impregnate cu un dielectric lichid sintetic de tip „Clophen" caracterizat prin incombustibilitate și constantă dielectrică mărită.

Construcții trifazate de puteri ridicate, realizate de industria cehoslovacă [3] pentru puteri reactive cuprinse între 12 kVAr și 300 kVAr. Bobinajele sînt de tip cilindric și sînt impregnate în ulei mineral. Pentru micșorarea suprafeței de contact a uleiului cu aerul, pe capacul condensatorului se află montat un tub cilindric ermetic închis, avînd o înălțime mai mare decît izolatoarele și funcționînd ca și conservatorul de ulei de la transformatoarele de forță.

Caracteristici cu totul deosebite au condensatoarele de forță construite în Japonia pentru tensiunea de 6,6 kV [4] în sensul că în ele se folosește ca dielectric o hîrtie groasă, cu caracteristici electrice îmbunătățite. Intensitatea cîmpului electric este relativ scăzută, între 8 și 10 kV/mm, de unde reies volume și greutăți specifice relativ mari. Ca material de impregnare se folosește numai uleiul mineral. Secțiile condensatoarelor sînt de puteri relativ mari între 10—40 kVAr, de unde reies și puteri totale mari ale condensatorului, între 100 și 500 kVAr. Trebuie remarcate greutatea și volumul specific ridicat al acestui tip de condensator, ceea ce afectează asupra caracteristicilor sale economice.

*) Ing. A. Bercu este cercetător la ICPET.

Materialele componente ale dielectricului

Elementul esențial al condensatorului, dielectricul, este compus din hîrtia de condensator uscată și impregnată într-un izolant lichid, complet filtrat și deshidratat.

Hîrtia de condensator se caracterizează printr-o grosime foarte mică, printr-o densitate mare, tensiune la străpungere ridicată și conținut mic de cenușă.

Pentru fabricarea hîrtiei de condensator se folosesc astăzi ca materii prime, cîrpele de in și celuloza de lemn. La început, în industria hîrtiei se folosea ca materie primă numai cîrpele de in special alese și ale căror fibre se caracterizau prin lungimi mari și foarte subțiri, iar ulterior, din considerente economice, s-a studiat și realizat fabricarea hîrtiei de condensator din celuloză sulfatică de lemn, obținîndu-se rezultate superioare.

Caracteristicile electrice ale hîrtiei de condensator au fost studiate într-o lucrare anterioară [11] și în acest articol vor fi analizate cîteva elemente speciale.

Așa cum s-a mai arătat, străpungerea hîrtiei neimpregnate are caracterul unui proces în două etape ; în sensul că în prima etapă este străpuns interstițiul de aer și apoi toată tensiunea fiind aplicată pereților de celuloză, se produce străpungerea finală.

Fenomenul a fost exprimat matematic [5] prin relația dintre valoarea medie a intensității cîmpului electric de străpungere și grosimea și densitatea hîrtiei :

$$E_{str} = \frac{U_{str.a}}{d}\left[1 + \frac{\gamma}{\varepsilon_c(\gamma_c - \gamma)}\right] \text{kV/mm} \qquad (1)$$

în care :

$U_{str.a}$ este tensiunea de străpungere a aerului în straturi subțiri (respectiv 250 V pentru intersitiții de 6—8 μ) ;

d — grosimea hîrtiei, μ ;

γ_c — densitățile hîrtiei și celulozei, g/cm³ ;

ε_c — constanta dielectrică relativă a celulozei.

Diagramele obținute pentru variații ale densității hîrtiei în limitele 0,5—1,3 g/cm³ și ale

grosimii hîrtiei în limitele 5—20 μ [5] sînt date în fig. 1, *a* și *b*. Trebuie subliniat că această valoare a intensității cîmpului electric de străpungere determinată analitic este media rezultatelor obținute la un mare număr de încercări de străpungere a hîrtiei. Într-adevăr, grosimea interstițiului de aer din hîrtie poate varia de la 0 pînă la grosimea hîrtiei și, deci, proporțional va varia și tensiunea de străpungere.

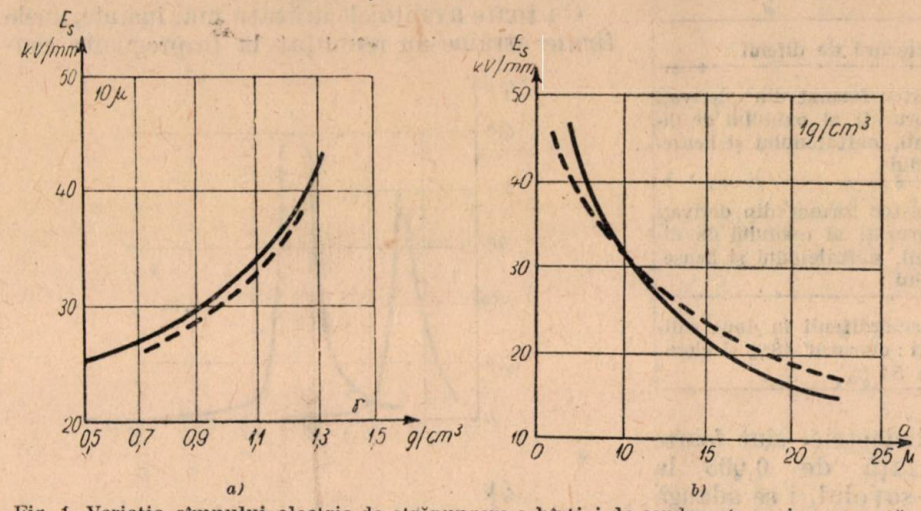


Fig. 1. Variația cîmpului electric de străpungere a hîrtiei de condensator neimpregnată, în funcție de densitate (*a*) și de grosime (*b*) la frecvența de 50 Hz.

Materialele de impregnare. Astăzi, în tehnica mondială, la impregnarea condensatoarelor de forță se folosesc două grupe principale de materiale, și anume :

a) uleiuri minerale,

b) lichide sintetice.

Uleiul mineral de condensator este un amestec de hidrocarburi lichide și anume : $CnH2n + 2$ (parafinice) $CnH2n$ (ciclice) și aromatice ($CnH2n-m$). Din punctul de vedere al calităților fizico-chimice și, în special electrice, uleiul de condensator este cel mai bun dielectric organic lichid.

Pentru realizarea uleiului de condensator sînt efectuate două etape de lucru : *a*) obținerea din petrol pe calea unor distilări fracționate a uleiului de transformator și *b*) folosind ca materie primă uleiul de transformator pe calea unor filtrări repetate și a unor deshidratări și degazări sub vid intens se obține în stadiul final, uleiul de condensator. În condensator, uleiul mineral are două funcții, și anume : mediu izolant și mediu de răcire. Datorită viscozității sale îndeajuns de mici, 22°E la 20°C la o impregnare sub vid intens uleiul mineral umple interstițiile de aer din hîrtie, ceea ce influențează mult asupra tensiunii de ionizare. Tot datorită viscozității sale apropiate de cea a hîrtiei de condensator, dielectricul compus hîrtie-ulei are caracteristici electrice superioare, conform datelor ce urmează. Trebuie de menționat totuși higroscopicitatea ridicată a uleiurilor minerale și mai ales înrăutățirea bruscă a caracteristicilor electrice în funcțse de conținutul de umiditatie În fig. 2, *a* este arătată variația tensiunii de străpungere a uleiului în funcție de conținutul de umiditate, iar în fig. 2, *b* în funcție de timpul de expunere a uleiului mineral în atmosferă umedă. Din această cauză este necesară realizarea condensatorului de forță într-o construcție perfect etanșă. Uleiul mineral este foarte sensibil la impuritățile provenite din materialele izolante și de aceea se cere o grijă deosebită în timpul procesului de fabricație.

Dielectrici lichizi sintetici clorurați. În unele construcții de condensatoare de forță, se folosesc lichide clorurate, avînd față de uleiul mineral avantajele unei constante dielectrice mai ridicate și a completei lor incombustibilități.

În tabela 1 se arată principalii dielectrici lichizi sintetici.

Sovolul a fost realizat pe calea clorurării hidrocarburii aromatice difenilul ($C_{12}H_{10}$) și obținînd pentaclordifenilul $C_{12}H_5Cl_5$. Acest lichid este un dielectric polar și are o curbă specifică a variației tg δ în funcție de tempera-

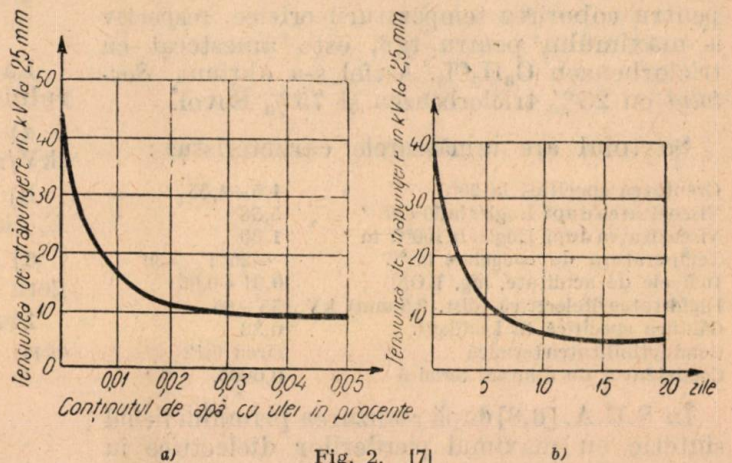


Fig. 2. [7]

a — variația tensiunii de străpungere a uleiului mineral în funcție de conținutul procentual de apă; *b* — variația tensiunii de străpungere a uleiului mineral în funcție de durata de expunere la aer cu 75 pînă a 80 % umiditate relativă.

tură (fig. 3). Tocmai această caracteristică este unul din principalele dezavantaje ale dielectricilor lichizi sintetici clorurați în sensul că la temperaturile posibile de lucru ale uleiului —15°C

Tabela 1

Denumirea	Proveniența	Compoziția
Sovol	U.R.S.S.	Policlorură de difenil
Inertin	S. U. A.	Amestec format din derivați cloruraţi ai oxidului de difenil, naftalenului și benzenului
Klofen	Germania	Amestec format din derivați cloruraţi ai oxidului de difenil, naftalenului și benzenului
Aroclor	Anglia	Pentaclordifenil în două calități: clorurat 48% și clorurat 54 %

pînă la 5°C pierderile în dielectrici sînt foarte mari, respectiv $tg\delta = 0{,}2$ față de 0,005 la + 20°C. Pentru a stabiliza sovolul, i se adaugă antrachinonă, în proporție de 0,25—0,5%, iar

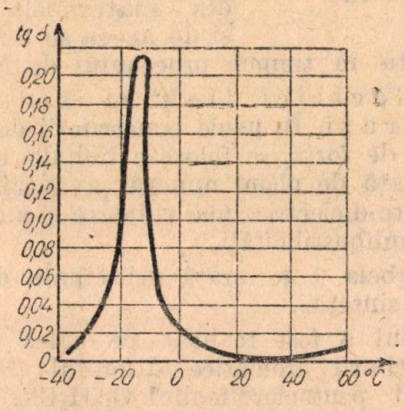


Fig. 3. Variația tg δ a sovolului în funcție de temperatură.

pentru coborîrea temperaturii critice, respectiv a maximului pentru tgδ, este amestecat cu triclorbenzen $C_6H_3Cl_3$. Astfel s-a obținut *Sovtolul* cu 25% triclorbenzen și 75% Sovol.

Sovtolul are următoarele caracteristici:

Greutatea specifică la 20°C	1,5—1,55
Viscozitatea după Engler la 50°C în °	5,58
Viscozitatea după Engler la 100°C în °	1,30
Temperatura de congelare în °C	—25°; —30°
Indicele de aciditate, mg. KON	0,01—0,05
Rigiditatea dielectrică (dist. 2,5 mm) kV	55—65
Căldura specifică în kcal/kg°C	0,38
Conductibilitatea termică	circa 0,12
Coeficientul de dilatare termică	0,0006.

În S.U.A. [6,8] după realizarea primului lichid sintetic cu maximul pierderilor dielectrice în zona temperaturilor —10 la 0°C, s-a obținut un alt compus, avînd punctul critic deplasat la —40°, prin combinarea pentaclordifenilului inițial cu un amestec din policloretilbenzol. După cum se vede în fig. 4 noul dielectric sintetic este stabilizat în sensul că pe de o parte scăderea constantei dielectrice se produce la temperaturi joase, respectiv — 40°C iar pe de altă parte, tot la această temperatură are loc maximul pierderilor.

Cu toate avantajele arătate mai înainte, unele firme străine au renunțat la impregnarea con-

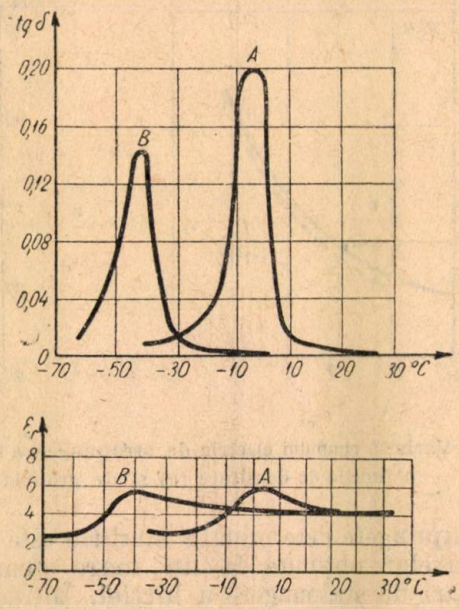


Fig. 4. Variația constantei dielectrice și a tg δ în funcție de temperatura (la frecvența de 60 Hz) pentru pentaclordifenil obișnuit (A) și pentaclordifenil stabilizat (*B*).

densatoarelor de forță cu materiale clorurate, revenind la folosirea uleiului mineral (A.S.E.A., Suedia) [9], din următoarele considerente: *a*) cost ridicat; b) toxicitate; *c*) sensibilitate mărită la impurități; *d*) valoare redusă a tensiunii inițiale de ionizare.

Determinarea intensității cîmpului electric de lucru

La dimensionarea dielectricului condensatorului se ține seamă de următoarele considerente:

a) intensitatea cîmpului electric de lucru E_1 (kV/mm);

b) intensitatea cîmpului electric de ionizare E_i (kV/mm);

c) intensitatea cîmpului electric de străpungere E_s (kV/mm).

Pentru un condensator judicios construit, se cere respectarea următoarei relații:

$$E_1 < E_i < E_s . \qquad (2)$$

Ținînd seamă că intensitatea cîmpului electric de străpungere al dielectricului compus hîrtie-ulei scade în timp, se cere ca la început raportul

$$\frac{E_s}{E_1} \geqslant 10. \qquad (3)$$

Întrucît se ține seamă de imposibilitatea eliminării totale a punctelor metalice conductoare din hîrtie, secțiunile condensatoarelor de forță se fac din straturi subțiri de hîrtie cu grosimi de ordinul 8—15μ încît punctului conductor dintr-un strat să-i corespundă cu o probabilitate ridicată puncte izolate ale straturilor vecine. Din cauza aceasta este exclusă posibilitatea realizării secțiunilor cu numai două straturi de hîrtie.

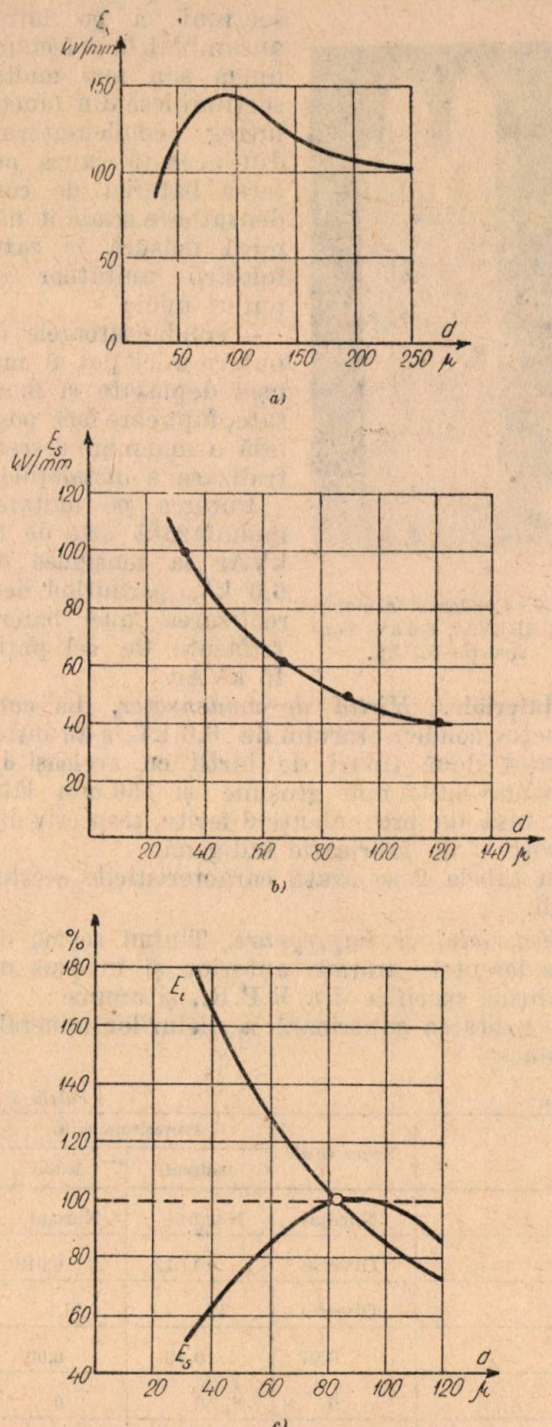


Fig. 5.

a – variația intensității cîmpului electric de străpungere în funcție de grosimea dielectricului (numărul de straturi de hîrtie); *b* – variația intensității cîmpului electric corespunzător începutului ionizării în funcție de grosimea dielectricului; *c* – variația procentuală a intensității cîmpului electric de străpungere E_s și a cîmpului electric corespunzător ionizării E_i în funcție de grosimea dielectricului.

Variația intensității cîmpului electric de străpungere în funcție de numărul straturilor de hîrtie determinată experimental [10] este reprezentată în fig. 5, *a*. Alura ascendentă a curbei se explică prin micșorarea probabilității de coincidență a particulelor metalice conductoare din straturi învecinate o dată cu creșterea numărului acestora din urmă.

În ce privește intensitatea cîmpului electric de ionizare vom folosi o schemă echivalentă [10]. Vom ține seama, că dielectricul compus, hîrtie-ulei, după deshidratare și degazare mai conține interstiții de aer ale căror dimensiuni sînt funcție de regimul tehnologic ales și în special de vidul în care s-a lucrat.

Considerăm dielectricul condensatorului avînd o bulă de aer de grosime constantă și situată în lungul unei armături. Rezultă o schemă electrică cu straturile în serie.

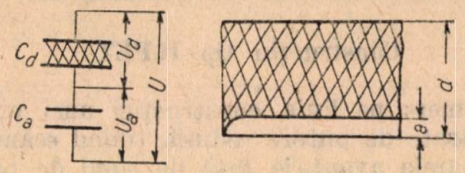


Fig. 6. Schema electrică echivalentă a dielectricului cu incluziune de aer.

Notăm cu a și d-a grosimile bulei de aer și a dielectricului; cu C_a și C_d capacitățile ce le corespund, iar cu ε_a, ε_d și U_a U_d, constantele dielectrice și respectiv tensiunile aplicate. (fig. 6).

În acest caz, tensiunea totală aplicată va fi:

$$U = U_a + U_d \tag{4}$$

$$\frac{U_d}{U_a} = \frac{C_a}{C_d} = \frac{\varepsilon_a (d-a)}{\varepsilon_d \cdot a} \tag{5}$$

sau

$$U = U_a + U_d \frac{\varepsilon_a}{\varepsilon_d} \cdot \frac{(d-a)}{a}. \tag{6}$$

Împărțind la d, vom avea:

$$E = \frac{U_a}{d}\left[1 + \frac{\varepsilon_a (d-a)}{\varepsilon_d \cdot a}\right] \tag{7}$$

iar după unele transformări:

$$E = \frac{U_a}{\varepsilon_d \cdot a}\left[\varepsilon_a + \frac{(\varepsilon_d - \varepsilon_a)\, a}{d}\right]. \tag{8}$$

Ionizarea bulei de aer va începe în momentul cînd $U_a = U_{ai}$ (tensiunea de ionizare) și, deci $E = E_i$, deci relația (8) va deveni

$$E_i = \frac{U_{ai}}{\varepsilon_d \cdot a}\left[\varepsilon_a \cdot + \frac{(\varepsilon_d - \varepsilon_a)\, a}{d}\right]. \tag{9}$$

Din expresia de mai sus, reiese că intensitatea cîmpului electric corespunzător ionizării variază invers proporțional cu grosimea dielectricului, în ipoteza că dimensiunile bulei de aer sînt constante. Întrucît s-a constatat că ionizarea se produce în special între armătură și dielectric ipoteza de mai sus este justificată.

Grafic expresia (9) își are reprezentarea în fig. 5, *b*.

Deci analizînd fig. 5, *a* și *b* corespunzătoare variației intensităților cîmpurilor electrice de străpungere și ionizare, observăm că prima mărime crește pe cînd cea de a doua scade în funcție de numărul de straturi ale dielectricului. Pe baza acestor două curbe se poate construi o diagramă de variație procentuală a celor două intensități ale cîmpului, fig. 5, *c*. Se vede, deci, că în domeniul din stînga punctului de intersecție al celor două curbe este judicioasă alegerea numărului de straturi, respectiv grosimii dielectricului. În domeniul din dreapta, ambele curbe sînt descendente și apare deci necesitatea de a folosi scheme de conexiuni cu înserieri de mai multe elemente de condensatoare, cu grosimi mici ale dielectricului.

Construcția tip ICPET

S-a mers pe linia construcției unei unități monofazate de putere redusă, ținînd seama de următoarele avantaje față de tipul de putere ridicată :

a) *In fabricație* :

— impregnarea condensatoarelor de mică putere este mai ușoară ;

— etanșarea completă a cuvei se poate asigura mai lesne ;

— operațiile de manipulare în procesul de fabricație se fac mai ușor.

b) *In exploatare* :

— ținînd seama de faptul că protecția condensatoarelor de 6,6 kV nu se poate face pe secțiuni ci pe întreg ansamblul, la defectarea uneia sau mai multor secțiuni iese din funcție întreg condensatorul; din această cauză puterea bateriei de condensatoare scade în mai mică măsură în cazul folosirii unităților de puteri mici ;

— condensatoarele de puteri mici pot fi mai ușor deplasate și montate, fapt care face posibilă o mai mare descentralizare a instalațiilor.

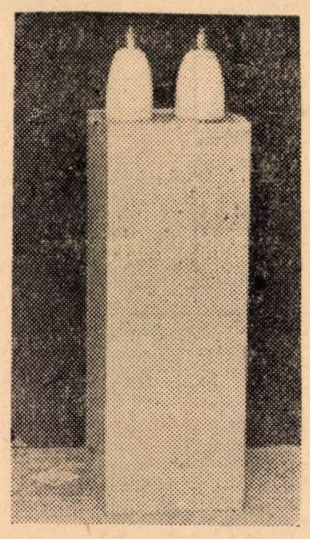


Fig. 7. Condensator monofazat 15 kVAr, 6,6 kV construcție ICPET.

Puterea pe unitatea monofazată este de 15 kVAr la tensiunea de 6,6 kV, permițînd deci realizarea unei baterii trifazate de cel puțin 45 kVAr.

Materiale. *Hîrtia de condensator.* La construcția condensatorului de 6,6 kV s-au întrebuințat două tipuri de hîrtii cu aceleași dimensiuni 0,012 mm grosime și 150 mm lățime, însă de proveniențe diferite, respectiv din import și de fabricație indigenă.

În tabela 2 se arată caracteristicile acestor hîrtii.

Materialul de impregnare. Ținînd seamă de considerentele arătate anterior și în plus de condițiile specifice din R.P.R., și anume :

— calitatea superioară a uleiurilor minerale românești

Tabela 2

N. crt.	Denumirea probei	Norme GOST	Proveniența hîrtiei	
			Indigenă	Import
1	Aspect	Normal	Normal	Normal
2	Grosimea, mm	Diverse	0,012	0,012
3	Gramaj, g/m²	Diverse	15	14,1
4	Greutatea volumetrică, g/cm³	0,97	0,90	0,90
5	Absorbție apă	0	0	0
6	Forța de rupere în direcție longitudinală, în kg cel puțin	1,3	2,3	2,2
7	Umiditatea, %, cel mult	7	6,6	6,2
8	Cenușe, %, cel mult	0,5	0,5	0,3
9	Permeabilitatea față de aer după densimetrul Shooper, în ml/min, cel mult	7	5	4
10	Tensiunea de străpungere măsurată în curent alternativ, 50 Hz, timp de 1 minut cel puțin	325	496	504

— costul lor scăzut ;
— dificultatea obținerii unor produse sintetice clorurate stabile, s-a ajuns la concluzia că este mai judicioasă soluția folosirii uleiului mineral ca material de impregnare în viitoarea producție de condensatoare de forță.

În cadrul ICPET s-a obținut un ulei mineral de condensatoare cu calități electrice ridicate, folosindu-se ca materie primă uleiul de transformator 2004.

S-a stabilit o metodă de preparare a uleiului de condensator, folosindu-se un ciclu de spălări cu pămînturi decolorante și deshidratări și degazări sub vid intens, 10^{-1} mm col. Hg.

Rezultatele obținute sînt următoarele :

— tensiunea de străpungere la 20°C, 200 kV/cm ;
— rezistența electrică specifică la 20°C, 10^{14} cm ;
— tangenta unghiului de pierderi (tg δ la 20°C) ; 0,0002 ;
— constanta dielectrică la 20°C ; 2,2 °E.

Elemente tehnologice

Ca cea mai importantă fază din tehnologia condensatoarelor de forță, considerăm că este deshidratarea și impregnarea sub vid intens a condensatoarelor gata montate.

Pentru mărirea rigidității dielectrice și a constantei dielectrice și pentru reducerea unghiului de pierderi a condensatorului, se cere deshidratarea și degazarea aproape totală a dielectricului hîrtie și apoi crearea dielectricului compus hîrtie-ulei, prin impregnare sub vid intens.

Dacă pentru transformatoarele de înaltă tensiune este suficientă efectuarea acestei operații la un vid de 10—20 mm col. Hg, la condensatoarele de forță se cere ca presiunea din interiorul autoclavei de lucru să nu depășească $1{,}5—3 \cdot 10^{-1}$ mm. col. Hg.

Procesul de deshidratare și impregnare se cere a fi continuu, toate operațiile făcîndu-se în vid intens, aceasta pentru evitarea fenomenelor de oxidare ale dielectricului compus. Totuși, chiar în vid intens, hîrtia sulfat celulozică nu poate fi supusă unui regim termic care să depășească 140°C un anumit număr de ore. Ținînd seamă de aceste elemente, a fost stabilit regimul tehnologic de deshidratare și impregnare amenajîndu-se o instalație experimentală (fig. 8).

Este de menționat că umplerea cu ulei a condensatorului s-a prevăzut să se efectueze la temperatura mediului ambiant, respectiv de 20°C, creșterea volumului uleiului făcîndu-se pe seama dilatării pereților subțiri ai cuvei. Aceasta elimină prezența saltelei de aer dintre stratul superior de ulei și capac la funcționarea normală pentru temperaturile din ulei de peste 20°C și în orice caz limitează grosimea stratului de aer la temperaturi în ulei sub 20°C.

Credem că acest element tehnologic limitează probabilitatea de oxidare a uleiului de condensator.

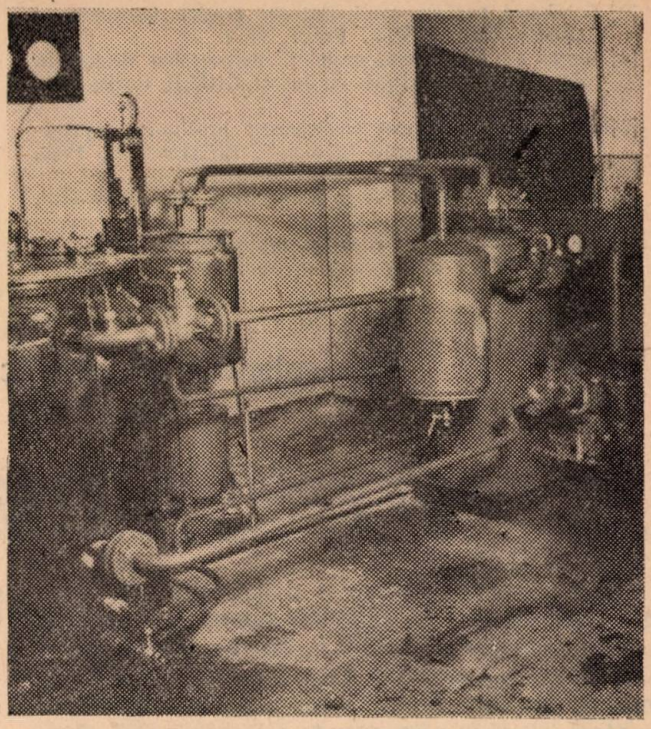


Fig. 8. Instalația experimentală ICPET pentru deshidratarea și impregnarea condensatoarelor de forță.

Incercările electrice

Incercarea dielectricului compus hîrtie-ulei respectiv încercarea între borne se putea efectua în două moduri (normele CEI, Geneva 1954) (12) :

— încercare în curent continuu

$$U_{inc} = 4{,}3\ U_{nom} ; \qquad (10)$$

— încercare în curent alternativ

$$U_{inc} = 2{,}15\ U_{nom}. \qquad (11)$$

S-a ales încercarea în curent continuu, aplicîndu-se o tensiune de $4{,}3 \times 6{,}6 = 28{,}5$ kV timp de 10 s.

Încercarea izolației anexe, respectiv încercarea între bornele legate în scurtcircuit și cuvă s-a efectuat în curent alternativ la frecvența de 50 Hz, aplicîndu-se o tensiune de 22 kV timp de 10 s.

Măsurarea pierderilor în dielectric (tg δ). După normele sovietice se admite $\operatorname{tg}\delta = 0{,}005$ respectiv pierderile specifice totale ale condensatorului să nu depășească 5 W/kVAr. Măsurătorile efectuate au determinat $\operatorname{tg}\delta = 0{,}004$ la frecvența de 80 Hz și este sigur că la frecvența de lucru 50 Hz valoarea $\operatorname{tg}\delta$ va fi în orice caz mai mică.

Bibliografie

[1] *Renne V. T.* : Electriceschie condensatori, Gosenergoizdat, Moscova, 1952.
[2] *Hochhaussler P.* : Der Blindstrom und seine Beseitigung, Deutscher Eich-Verlag, Berlin, 1953.

[3] Cataloage pentru condensatoare statice fabricate în Cehoslovacia. M.T.S., Praga, 1952.
[4] *Omori T.*: Condensateur pour l'amelioration du facteur de puissance fabriquée en Japon, CIGRE, Paris, 1954, rap. 304.
[5] *Renne V. T.*: Rascet electricescoi procinosti nepropitanoi condensatornoi bumaghi, Electricestvo, 1950, nr. 5, p. 35.
[6] *Marbury R. E.*: Power Capacitors, Mc Graw-Hill, New York, 1949.
[7] *Bogoroditski, N. P.*: Electrotechniceschie materiali, Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad, 1950.
[8] *Berberich L. R., Fields C.*, și *Marbury R. E.*: Condensatoare de forță impregnate cu materiale sintetice clorurate, Proc. I.R.E., 33 (1945) 6, p. 389.
[9] *Hansson B.*: Power Capacitors, ASEA Journal, 24 (1951) 7, p. 95.
[10] *Kucinscki G. C.*: Vibor tolsini dielectrica dlia bumajnih silovih condensatorov, Electricestvo, (1954) 6. p, 70.
[11] *Bercu A.* Condensatoare pentru îmbunătățirea factorului de putere realizate în cadrul ICPET. Conf. Electricienilor din R.P.R., București, 1957.

Telewattmetru electronic pentru distanțe mari

MARIO DUMA — București *)

Dezvoltarea electrificării țării impune construirea unor dispozitive de telemăsură din ce în ce mai perfecționate. În articol se analizează unele probleme tehnice legate de realizarea telewattmetrului elaborat la ICPET: metoda folosită pentru traducerea turației în frecvență de impulsuri, problemele legate de asigurarea preciziei și stabilității schemelor electronice, influența folosirii contoarelor și miliampermetrelor în telewattmetru asupra propriei lor precizii.

CZ 621.317.784.083.722

Unificarea producției și distribuției de energie electrică în mari sisteme energetice impune conducerea centralizată a acestei producții și distribuții de către un dispecer central al sistemului, impune cunoașterea atît la dispecerul central, cît și în alte puncte ale sistemului energetic, a valorilor electrice și a anumitor valori neelectrice. Distanțele la care trebuie transmise indicațiile, uneori de ordinul 2—5 km, alteori de ordinul zecilor sau chiar sutelor de kilometri, exclud posibilitatea folosirii mijloacelor clasice de măsură, care ar presupune canale de telecomunicație prohibitiv de scumpe și ar introduce erori considerabile. Aceste dificultăți impun crearea unor mijloace speciale, a unor mijloace de telemăsură.

Anumite considerente, a căror relatare amănunțită depășește cadrul articolului de față, [7], au dus la concluzia oportunității adoptării în R.P.R. a sistemelor de frecvență de impulsuri.

După cum se știe, acestea sînt sisteme în care telemăsura se efectuează prin transmisia în canalul de telecomunicații a unor impulsuri a căror frecvență este proporțională (sau în orice caz într-o depedență funcțională convenabilă) cu valoarea telemăsurată. Frecvența impulsurilor este scăzută, maxima este în general sub frecvența industrială. La punctul de recepție frecvența de impulsuri este transformată într-un curent continuu, a cărui mărime indică mărimea valorii telemăsurate.

Transformarea puterii active sau reactive în frecvență de impulsuri se efectuează cel mai convenabil cu ajutorul unui traductor construit dintr-un contor de energie. (De altfel, istorice ște sistemele de frecvență de impulsuri au apărut ca rezultat al folosirii contoarelor ca traductoare de putere). Contoarele sînt aparate de măsură care au o considerabilă răspîndire și în consecință au atins un destul de înalt grad de perfecțiune în tehnica mondială. Fabricarea de serie a contoarelor este asimilată și în R.P.R. Toate aceste considerente au dus la adoptarea contoarelor ca traductoare de putere.

Pentru obținerea impulsurilor cu ajutorul contoarelor se folosesc următoarele procedee:

a) adaptarea unui colector-întreruptor pe axul sistemului mobil. Această metodă este astăzi unanim abandonată în primul rînd datorită robusteții scăzute a contactului dintre colector și perii și a frecărilor produse în acest contact;

b) modularea unui flux luminos, magnetic, etc. cu ajutorul unui disc crenelat fixat pe ax.

Literatura de specialitate omite sublinierea unui aspect esențial în problema construirii traductoarelor pe bază de contoare. Se știe că precizia și calitatea unui contor este cu atît mai mare, cu cît turația nominală a echipajului lui mobil este mai mică. Pe de altă parte, după cum se va vedea în cele ce urmează, precizia și rapiditatea transformării frecvenței de impulsuri în curent continuu cresc o dată cu creșterea frecvenței nominale de lucru. Așa dar aceste considerente sînt contradictorii: pentru îmbunătățirea preciziei contorului-traductor se cere ca frecvența de impulsuri să fie cît mai mică, iar pentru îmbunătățirea preciziei receptorului și pentru mărirea rapidității telemăsurii este necesar ca frecvența de impulsuri să fie cît mai mare.

În tehnica mondială (Krizik — Cehoslovacia, Landys & Gyr — Elveția, Oliz — U.R.S.S., unele firme în S.U.A.) această contradicție se rezolvă prin folosirea unor dispozitive fotoelectrice; creindu-se un număr mare de tăieturi în discul contorului se obține un număr mare de impulsuri pe secundă (peste 20 Hz) la o turație scăzută (nominală) a discului.

Această soluție prezintă numeroase dezavantaje, dintre care amintim:

— necesitatea realizării unor contoare speciale de gabarite mari pentru a putea face loc sistemului optic;

*) Ing. M. Duma este cercetător principal la ICPET.

— degajarea de căldură în interiorul contorului de la sursa de lumină;

— robustețea relativ scăzută a sistemului optic; ș.a.

Alte sisteme de traductor fără contact mecanic realizate pînă în prezent, bazate pe modulația unui flux (mai corect a unui cuplaj) mag-

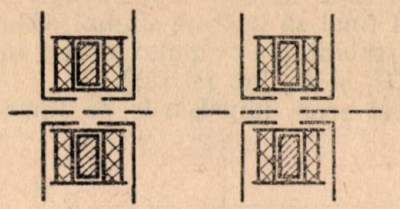


Fig. 1. Sistemul de optică magnetică.

netic, sînt sisteme de joasă frecvență de impulsuri, nereușindu-se să se amplaseze pe circumferința discului decît un număr de tăieturi sensibil mai mic decît în cazul sistemului fotoelectric. Acest lucru face ca metoda modulării cuplajului magnetic, metodă superioară în principiu celei fotoelectrice prin lipsa dezavantajelor amintite, să nu poată găsi răspîndire în tehnica telemăsurii. După cît am fost informați și în alte țări sînt în curs cercetări în vederea obținerii unor metode care să o înlocuiască cu egal succes pe cea fotoelectrică.

În telewattmetrul ICPET s-a reușit, — după cum ne este cunoscut, pentru prima oară — realizarea unui traductor cu cuplaj magnetic modulat cu frecvență ridicată de impulsuri (24 Hz, frecvență limită impusă prin temă pentru folosirea canalelor de telecomunicație cu aparataj Tesla tip VDM — 12; sistemul realizat permite o frecvență pînă la 40—50 Hz fără mărirea turației normale a contorului).

Aceasta s-a obținut prin elaborarea unui sistem special, dar extrem de simplu, de „optică magnetică", prin laminarea fluxului magnetic în fantele a trei ecrane suprapuse, cel din mijloc — ecran mobil — fiind constituit de discul contorului (fig. 1). În acest fel s-a putut face ca tăieturile în disc să fie foarte înguste și apropiate între el și, deci, numeroase.

Emițătorul telewattmetrului (fig. 2) constă dintr-un oscilator electronic de înaltă frecvență (100 kHz) cu circuite acordate în anodă și în grilă și reacție prin transformator. În schema din fig. 1 rolul anodei oscilatorului îl joacă ecranul pentodei, amplificarea făcîndu-se în anoda tubului. S-a realizat și o variantă echivalentă în care funcțiile de oscilare și amplificare sînt îndeplinite de cele două jumătăți ale unei duotriode. Oscilatorul este astfel realizat, încît funcționează numai în momentele în care fantele celor trei ecrane sînt suprapuse. Mărirea lungimii liniilor de forță prin ecranarea de către porțiunile netăiate ale discului este suficientă pentru a întrerupe oscilațiile. În acest fel, apar trenuri de oscilații de înaltă frecvență, a căror frecvență de repetiție este proporțională cu numărul de fante care trec între bobine în unitatea de timp, deci proporțională cu turația discului contorului, care la rîndul ei este proporțională cu puterea măsurată. Oscilațiile de înaltă frecvență amplificate și apoi detectate devin impulsuri de curent continuu de frecvență variabilă 1,5—25 Hz. Frecvența minimă se obține prin imprimarea unei turații inițiale sistemului mobil și servește la telemăsurarea puterii egale cu zero. În cazul în care, cu ajutorul unui stabilizator de precizie de curent alternativ, se imprimă o turație inițială egală de exemplu cu jumătatea turației maxime, se poate telemăsura puterea în ambele sensuri.

Transformatorul de ieșire (acordat pe înaltă frecvență) permite emisia atît la nivelul cerut pentru modularea unei purtătoare, în cazul circuitelor deservite cu mijloace radiotehnice, cît și la cel cerut pentru transmisia pe circuit fizic, la distanțe mari de ordinul zecilor și sutelor de km.

Pentru a putea reduce, de la caz la caz, amplitudinea impulsurilor la minimul necesar unei recepții sigure, micșorînd totodată uzura tuburilor, s-a prevăzut posibilitatea varierii tensiunii anodice în trei trepte.

Receptorul telewattmetrului (fig. 3) este un frecvențmetru electronic de precizie special elaborat, bazat pe principiul răspîndit al măsurării curentului mediu de încărcare — descăr-

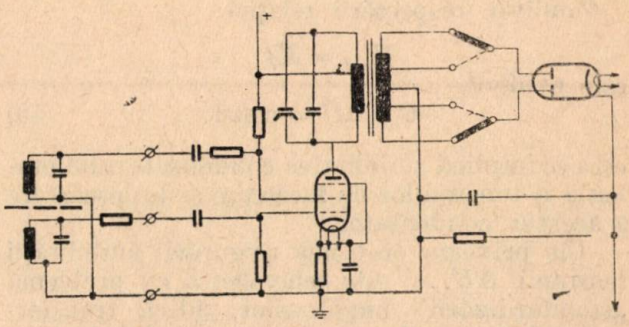


Fig. 2. Schema de principiu a emițătorului telewattmetrului.

care a unei capacități, comutate cu frecvența măsurată.

Soluția folosirii pentru această comutare a unor relee electromagnetice sau polarizate este de mult perimată: la 20 imp/s releul își epuizează termenul de garanție de 10 milioane acționări în 6 zile. Ceea ce este mai grav este faptul că dereglarea releului îi permite să continue funcționarea, provocînd erori considerabile. De aceea, în toate aparatele de telemăsură moderne, receptoarele sînt complet statice — electronice.

După cum se știe, în frecvențmetrele de tipul amintit la fiecare impuls un condensator etalon C se încarcă la o tensiune determinată U_1 cu sarcina $q_1 = C\,U_1$. Dacă printr-un miliampermetru se trece, prin dublă redresare, atît curentul de încărcare, cît și cel de descărcare a

condensatorului la tensiunea U_2, valoarea medie a acestui curent este egală cu dublul numărului de sarcini care au încărcat condensatorul în unitatea de timp:

$$I_{med} = 2fC \cdot \Delta U, \qquad (1)$$

unde f este frecvența măsurată iar

$$\Delta U = U_1 - U_2. \qquad (2)$$

Deoarece frecvența impulsurilor este funcție de puterea telemăsurată, scala miliampermetrului indicator se poate grada direct în unități de putere.

Condiția respectării relației

$$U_{med} = Kf$$

este evident

$$C \cdot \Delta U = \text{const.} \qquad (3)$$

ceea ce implică stabilitatea condensatorului etalon și a tensiunilor de încărcare și de descărcare a acestui condensator.

Cît privește problema asigurării stabilității tensiunii ΔU, ea este echivalentă cu problema „standardizării" impulsurilor, adică transformarea impulsurilor ce vin din canalul de telecomunicații, impulsuri de amplitudine și formă variind în limite foarte largi, în impulsuri riguros dimensionate, ai căror parametri (cu excepția frecvenței) să fie indepedenți de parametrii impulsurilor recepționate. Spre deosebire de unele aparate străine la care se admit anumite erori adiționale la varierea amplitudinii semnalului recepționat, în telewattmetrul ICPET s-a reușit ca această indepedență să fie absolută, folosindu-se la maximum toate posibilitățile de amplificare-limitare în numai două tuburi — o duotriodă preamplificatoare și o finală.

După filtrarea eventualilor paraziți (se suprimă oscilațiile cu frecvență peste 35 Hz), impulsurile recepționate forțează, prin intermediul unui circuit de diferențiere, bascularea în ambele sensuri a unui trigger bistabil, asigurîndu-li-se prin aceasta o considerabilă amplificare și totodată o primă standardizare.

Prin alegerea unor valori mari ale rezistențelor anodice în schema triggerului, funcționarea acestuia este de o stabilitate satisfăcătoare.

În felul acesta, se elimină încă din primul etaj efectul oricăror deformări ce ar fi introduse de către canalul de telecomunicații asupra amplitudinii sau formei impulsurilor, rămînînd ca etajul final să înlăture numai efectul eventualei nestabilități a primului etaj și să formeze valorile U_1 și U_2 [cf. rel (2)].

În acest scop, impulsurile se limitează din

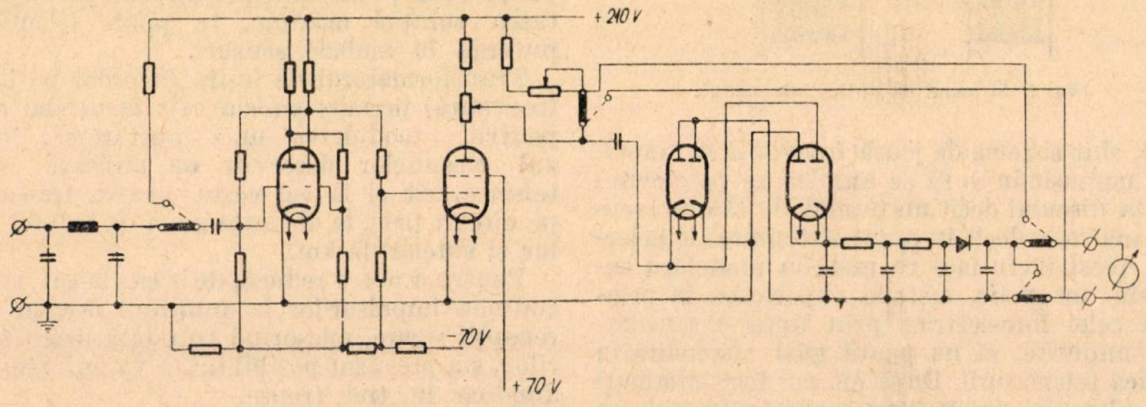


Fig. 3. Schema de principiu a receptorului telewattmetrului.

nou. Prin tăierea completă a curentului în tub, potențialul anodei atinge tensiunea U_1, care este tensiunea de alimentare anodică, stabilizată cu precizie. Tensiunea U_2 se obține printr-o dublă limitare: prin funcționarea finalei în regim critic, ca urmare a alegerii unui raport $\frac{R_a}{R_i}$ mare (este vorba de valoarea R_i în c.c.) și totodată prin limitarea semnalului în curenți de grilă.

În legătură cu limitarea în regim critic, sînt de relevat cîteva aspecte. În primul rînd, tensiunea anodică U_2 obținută, foarte coborîtă, de ordinul a 10 V, este totodată deosebit de stabilă la variația în limite largi a tensiunii de alimentare a filamentului la un tub dat, iar deosebirea obținută la un număr apreciabil de tuburi de același tip, inclusiv din serii diferite de fabricație, nu a depășit $\pm$ 2V față de medie. În al doilea rînd, eventuala nestabilitate a tensiunii U_2 nu trebuie raportată la valoarea U_2, ci la valoarea ΔU, a cărei mărime este de cca. 200 V, abaterea relativă maximă față de medie fiind de ordinul $\pm$ 1 % la diferite tuburi.

Pentru a putea elimina și aceste erori cît și cele datorate eventualei nestabilități în timp a tensiunii U_1, s-a prevăzut o posibilitate de a reveni ușor la valoarea ΔU stabilită la etalonare. Astfel, prin apăsarea butonului unei chei telefonice se întrerup impulsurile recepționate și la intrarea triggerului se aplică un impuls tip; miliampermetrul este scos din circuitul

de măsură obișnuit și conectat ca voltmetru prin intermediul unei rezistențe adiționale între punctele aflate la diferența de tensiune ΔU; această diferență, cu ajutorul unui potențiometru, este redusă la valoarea cerută după o gradație — reper de pe cadranul miliampermetrului (corespunzătoare unei anumite frecvențe de impulsuri și unei anumite fracțiuni din limita de scală). Funcție de precizia cu care se dorește a se efectua telemăsura și de gradul de stabilizare a tensiunii U_1, variază mărimea perioadei la care se recomandă a se

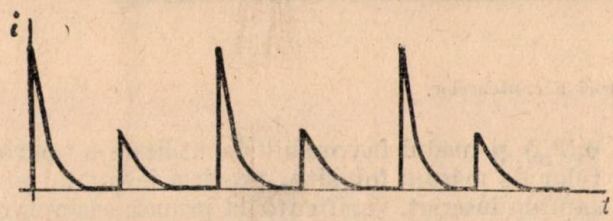


Fig. 4. Curentul obținut prin redresarea impulsurilor.

efectua verificarea gradației de reper. În cazul stabilizării electronice, această verificare se poate face, de exemplu, săptămînal.

Un alt aspect interesant de subliniat este folosirea ca limitator în regim critic a unei tetrode finale (de tipul 6П6С sau 6П3С). Deși literatura tratează în asemenea cazuri folosirea pentodelor, pentru tetrode neexistînd propriu zis o „linie" a regimului critic, totuși practic s-a dovedit deplin justificată folosirea unor tetrode în regimul descris mai sus, obținîndu-se o valoare mai scăzută a tensiunii U_2 cu consum mai mic în circuitul de ecran.

În ceea ce privește eventualele erori ce ar putea fi introduse de variația capacității etalon C [v. rel. (1)], ele pot fi provocate de instabilitatea acestei capacități atît la variații de temperatură, cît și în timp. Prima categorie de erori este în general mică, deoarece temperatura în camerele de comandă, unde sînt instalate receptoarele, nu variază în limite mari. Totuși se impune folosirea de condensatoare de mică, sau alte condensatoare termostabile, în acest fel erorile introduse sînt practic nule.

Din relația (3) rezultă că influența variației în anumite limite a capacității condensatorului-etalon C în timp în urma îmbătrînirii poate fi înlăturată prin varierea corespunzătoare, dar în sens invers, a tensiunii ΔU impuse. În acest scop, e suficient să se schimbe cu ajutorul rezistenței variabile prevăzute valoarea rezistenței adiționale a miliampermetrului în conectarea ca voltmetru. Această operație se efectuează cu prilejul reviziilor prin aplicarea frecvenței de impulsuri prevăzute pentru gradația de reper. Curentul obținut după redresarea impulsurilor de încărcare și descărcare a condensatorului etalon are forma din fig. 4 (inegalitatea șocurilor de curent se explică prin inegalitatea constantelor de timp ale circuitelor de încărcare și descărcare). Un asemenea curent ar pune miliampermetrul indicator în condiții de lucru foarte grele, făcînd imposibilă măsurătoarea. De aceea, curentul obținut trebuie în prealabil puternic filtrat. În acest scop, cea mai mare răspîndire o au filtrele RC cu mai multe celule.

Este de remarcat că gradul de filtraj este foarte strîns limitat de anumite considerente. În primul rînd, o dată cu gradul de filtraj crește constanta de timp a filtrului, deci timpul de stabilire a indicațiilor telemăsurii. În al doilea rînd, un filtraj puternic se realizează prin folosirea unor condensatoare de valori mari, în paralel cu înfășurarea miliampermetrului indicator. Curenții de fugă instabili ai condensatoarelor se derivează din curentul miliampermetrului, provocînd erori. Considerente de liniaritate a scalei limitează valorile rezistențelor filtrului.

Toate aceste greutăți exercită o influență esențială asupra aparaturii de telemăsură bazate pe variația frecvenței de impulsuri, obligînd, după după cum s-a arătat mai sus, alegerea unor frecvențe nominale cît mai ridicate. Pentru a îmbunătăți filtrajul la frecvențele inferioare, evitîndu-se o creștere în aceeași măsură a timpului de stabilire a indicației, s-a introdus în filtru o rezistență neliniară constituită dintr-un grup de discuri de seleniu, a căror rezistență directă este foarte mare la curentul corespunzător începutului scalei unde frecvența impulsurilor este mai scăzută și este necesar un filtraj mai puternic; rezistența scade considerabil la curenții mai mari. Totodată prin aceasta s-a obținut micșorarea substanțială a curentului de gol al duodiodelor din puntea de redresare, curent care altminteri ar deforma începutul scalei.

Cîteva considerații asupra problemei preciziei elementelor de fabricație curentă folosite în ansamblul telewattmetrului: contorul traductor și miliampermetrul indicator.

Schimbarea funcțiunilor contorului schimbă punctul de vedere în stabilirea clasei lui. Într-adevăr, contorul de energie fiind instrument integrator, eroarea contorului este dată de abaterea turației de la legea de proporționalitate. În general, curba de erori a unui contor este destul de stabilă și are alura indicată în fig. 5 (linia continuă).

Prin folosirea contorului ca traductor de putere, intervin următoarele modificări:

a) Erorile obținute la puteri mai mici decît cea nominală nu mai trebuie raportate la valoarea măsurată, ci la valoarea nominală a puterii, așa cum este uzual să se facă la orice instrument indicator. Curba de erori capătă alura din fig. 5, linia punctată.

b) Erorile mari ce apar din cauza frecărilor la turații foarte mici și greutățile de etalonare introduse de acestea dispar prin introducerea turației inițiale (cca. 0,07 P_{nom}), posibilitățile de

reglaj a contorului pot fi folosite pentru aplatisarea curbei de erori.

c) Curba de erori a contorului devine numai curbă de neliniaritate a scalei. Rămîn numai erorile provenite din neconstanța în timp (neglijabilă) a acestei curbe, deoarece ușoara neliniaritate provocată poate fi luată în considerare la trasarea gradațiilor scalei. Rolul de curbă de erori se păstrează în cazul însumării puterilor. De asemenea, în telemăsura la cerere, unde trebuie asigurată interschimbabilitatea traductoarelor, neidentitatea curbelor de erori la diferite aparate poate provoca erori.

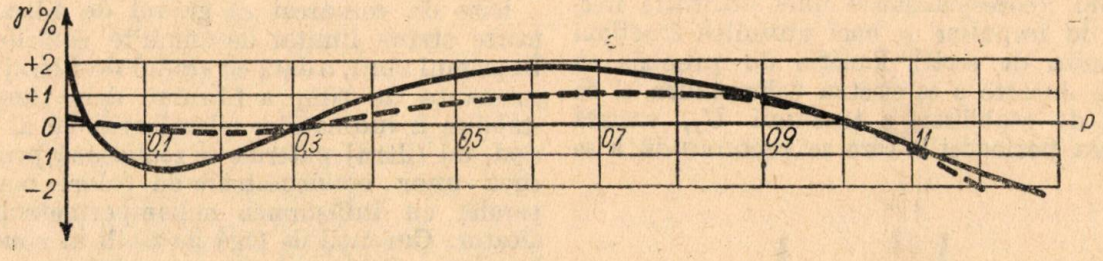


Fig. 5. Curba de erori a contoarelor.

Aceste considerente favorabile permit să se obțină erori fundamentale date de un contor de clasă 2,5 folosit ca traductor în cazul telemăsurii continue de ordinul 0,5%, iar în cazul telemăsurării la cerere — de ordinul 1%.

Erorile adiționale ale contoarelor, desigur rămîn neschimbate, cu rezerva raportării lor la valoarea nominală a puterii, rezervă utilă, de exemplu, în cazul erorilor la cosφ subunitar.

În ceea ce privește miliampermetrul indicator, erorile provocate de frecări sînt într-o anumită măsură reduse, deoarece imposibilitatea tehnologică de a asigura perfecta echidistanță între tăieturile din discul contorului duce la o oarecare pulsație (de ordinul 0,5% din limita de scală) a curentului mediu în miliampermetru.

Totodată, la verificarea gradației de reper, acul miliampermetrului se apropie spre această gradație nu lent, ci în oscilații amortizate, ceea ce reduce de asemenea eroarea de frecare.

Datorită acestor împrejurări, se poate conta la miliampermetre de cl. 1,5 pe erori fundamentale mai mici de 1%.

În ceea ce privește precizia complexului, ca urmare a înaltei precizii a schemelor electronice (eroarea fundamentală proprie maximă 0,5%) și modul favorabil de utilizare a aparatelor de măsură folosite, precizia întregului ansamblu înseriat, verificată la primele exemplare fabricate, folosindu-se diferite seturi de tuburi, s-a dovedit a fi la nivelul superior al preciziei sistemelor de telemăsură străine (erori fundamentale 1,5%, erori adiționale — unele 0, altele — sub 1%).

Bibliografie

[1] *Jdanov G. M.*: Telemăsura, Gosenergoizdat, Moscova, vol. I, 1952, vol. II, 1953.

[2] *Malov V. S.*: Telemecanica în sistemele energetice, Gosenergoizdat, Moscova, 1955.

[3] *** : Telemecanizarea sistemelor energetice — materialele consfătuirii din 1952 în problema telemecanizării sistemelor energetice, Ed. Academiei de Științe a U.R.S.S., Moscova, 1954.

[4] *** : Automatizarea și telemecanizarea hidro-electrocentralelor, Culegere de articole, Gosenergoizdat, Moscova, 1950.

[5] *Swoboda G.*: Stadiul actual al tehnicii telemăsurii, În E. und. M., 1950 5, p. 129—136.

[6] *Boesch W.*: Problemele și rezolvarea lor în tehnica telemăsurii, Bull. SEV., 1946., extras.

[7] *Duma M.*: Problema telemăsurii în R.P.R. A doua consfătuire asupra automatizărilor industriale, București 1957.

NOTE

Aparat electronic pentru determinarea numărului de spire și al scurtcircuitelor în bobinajele mici

CZ 621.318.4 :621.317.333·

Aparatul se compune din două părți distincte : una pentru determinarea prezenței spirelor scurtcircuitate într-un bobinaj și a doua pentru determinarea numărului de spire într-un bobinaj necunoscut.

A. Principiul de funcționare

Principiul de funcționare va fi expus pentru ambele funcțiuni îndeplinite de aparat.

Principiul de funcționare al aparatului ca numărător de spire. Pentru numărarea spirelor se întrebuințează metoda comparației între o bobină necunoscută și o bobină etalon. Această comparare utilizează metoda de zero, elementul de comparație intern fiind o bobină etalon cu variație decadică. Cînd numărul de spire al bobinei etalon este egal cu numărul de spire al bobinei cercetate, se obține maximum de elongație a indicatorului catodic de zero. Ceea ce este pus în evidență de acest indicator este, de fapt, diferența dintre tensiunea de la bornele bobinei etalon și tensiunea la borne a bobinei necunoscute, ambele fiind parcurse de același flux. Erorile ce se pot naște în cursul acestei comparări pot fi următoarele :

— erori datorită variației parametrilor rețelei de alimentare, *a*;

— erori datorită diferenței de fază, *b*;

— erori datorite fluxului de scăpări, *c*;

— erori datorite armonicelor produse de circuitul magnetic *d*.

Se analizează în cele ce urmează metodele întrebuințate pentru eliminarea fiecăreia în parte :

a) Se utilizează o metodă de zero, metodă la care nici variațiile de tensiune și nici variațiile de frecvență existente

normal în reţelele de alimentare, nu afectează precizia de măsurare. Drept indicator de zero s-a folosit o treflă catodică indicatoare de acord care este o piesă uzuală şi se pretează perfect unei amplificări electronice prealabile pentru mărirea sensibilităţii metodei.

b) Bobinele ce se măsoară sînt practic executate din conductoare diferite atît ca natură cît şi în compoziţie. Este, deci, normal ca factorul de calitate al bobinelor etalon să fie foarte departe de factorul de calitate al bobinelor de măsurat. Compararea directă a celor două bobine ar fi deci un izvor sigur de erori grosolane. Problema s-a rezolvat folosind pe de o parte o bobină separată pentru producerea unui flux egal în două ramuri simetrice ale unui jug de tole şi pe de altă parte făcînd rezistenţa bobinelor (etalon şi necunoscută) neglijabilă pe lîngă rezistenţa internă a voltmetrului de comparare. Erorile de fază au fost deci eliminate deoarece tensiunile născute în bobina etalon şi necunoscută se sprijină pe acelaşi flux şi sînt măsurate practic fără consumaţie ca la voltmetrul electronic.

c) Folosind un jug magnetic în formă de U cu braţe lungi şi bobină de excitaţie aşezată la mijloc pe latura scurtă, se realizează în cele două braţe un flux egal din motive de simetrie. Mărimea excitaţiei s-a ales astfel încît jugul să lucreze cu inducţii foarte mici şi cel mult la permeabilitatea maximă, lucru prin care se asigură o bună canalizare a fluxului de-a lungul jugului. La partea superioară jugul se închide cu o armătură amovibilă. Fluxul de scăpări este relativ mic şi în orice caz limitat la zone foarte mici în jurul bobinei de excitaţie şi armăturii superioare. Din descrierea făcută se observă că fluxul este constant în laturile jugului U pe o porţiune foarte mare (circa 2/3 1) porţiunea de-a lungul căreia se aşază atît spirele de numărat pe un braţ cît şi spirele etalon pe celălalt. Fluxul de scăpări nu poate deci produce erori decît dacă în aşezarea bobinelor ce se compară, nu se respectă, zonele arătate ca lipsite practic de scăpări magnetice.

Pentru respectarea acestor zone, bobina etalon a fost realizată fix cu toate decadele numai în limitele admise, iar la bobina de măsurat poziţia s-a limitat jos prin măsuţa de aşezare şi sus cu o dungă roşie marcată pe jug. Pentru bobinele foarte joase, jugul poate rămîne chiar deschis fără a se produce erori de măsurare.

d) Erorile datorite armonicelor ar fi fost mici chiar fără să se fi luat măsuri speciale deoarece pe de o parte curba de histereză este foarte îngustă la tola aleasă, iar μ de o parte se lucrează în zona aproape rectilină a acestei curbe. Caracteristica în cauză produce oarecare armonici de ordinul 3 şi aproape neglijabile armonici de ordinul 5.

Bobina etalon şi cea necunoscută se leagă în opoziţie şi, deci, se pune în evidenţă diferenţa de tensiune dintre ele. În prezenţa armonicelor, diferenţa nu este nulă ci apare o zonă de minim mai mult sau mai puţin întinsă.

S-a arătat că indicarea de zero se face cu trefla catodică şi preamplificare. În construcţia amplificatorului a fost prevăzut un atenuator de frecvenţe înalte prin care armonicele arătate sînt mult atenuate. Practic cu aceasta s-a obţinut o indicaţie de minim mai ascuţită şi, deci, o precizie mai mare în determinări.

B. Particularităţi constructive

Bobina de excitaţie primeşte frecvenţa reţelei la o tensiune reglabilă. Diferenţa de tensiune indusă în bobinele de comparat atacă un amplificator electronic prevăzut la intrare şi ieşire cu atenuator capacitiv de frecvenţe înalte. După simplificare semnalul detectat se aplică unui indicator optic de acord. Alimentarea ansamblului este făcută normal, fără stabilizare.

Bobina etalon a fost realizată în galeţi pentru a distribui cît mai uniform elementele decadice din care este compusă. Pe faţa panoului apar comutatoare decadice cu ajutorul cărora se execută măsurătoarea. Amplificarea este reglabilă manual pentru a putea mări sensibilitatea aparatului în alegerea punctului de zero.

Principiul de funcţionare al aparatului ca detector de spire scurtcircuitate. Dispozitivul se bazează pe fenomenul absorbţiei de putere în spirele scurtcircuitate, care scoate din funcţiune un osilator care lucrează în apropierea pragului de dezamorsare.

Oscilatorul este sistem *LC* şi foloseşte bobinele etalon ale numărătorului. Comutatoarele decadice sînt întrebuinţate pentru fixarea (alegerea) celui de al treilea punct al oscilatorului în poziţia apropiată pragului de amorsare arătat mai sus.

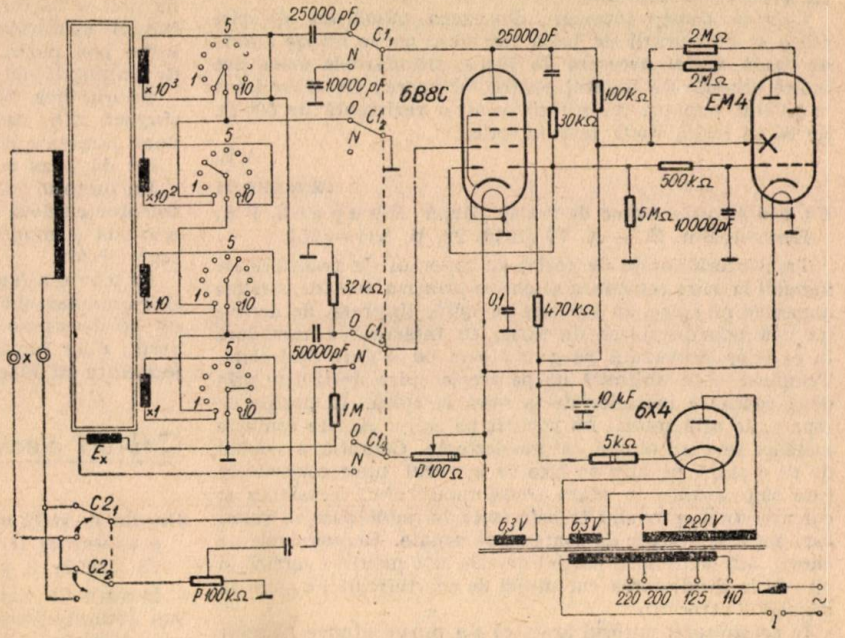


Fig. 1. Spirometru electronic.

Trecerea de la funcţia de numărător la funcţia de detector al spirelor scurtcircuitate se face cu ajutorul unui comutator de pe panoul frontal.

C. Performanţe

Aparatul pentru analiza bobinelor poate număra spire de la 0 la 10 000 şi poate pune în evidenţă scurtcircuitele interioare. Mărimea aparatului este de 240 × 250 × 150 mm şi cîntăreşte 3 kg. Se alimentează din reţeaua de curent alternativ 110—127—200—220 V, consumînd maximum 20 W.

Datorită principiului de măsurare ales, precizia măsurătorilor nu este afectată de fluctuaţiile în frecvenţă sau tensiune ale reţelei. Eroarea maximă este sub minus 2,5 % pentru măsurătorile efectuate asupra bobinelor avînd mii de spire, adică asupra acelor bobine care sînt la extremitatea superioară a gamei de măsurare a aparatului dat.

Punerea în evidenţă a spirelor în scurtcircuit este suficient de sensibilă pentru toate cazurile practice necesare.

Erorile de măsurare sînt independente de fluctuaţia normală a tensiunii şi frecvenţei din reţeaua de alimentare.

În urma unui mare număr de măsurători pe diferite bobine s-au stabilit statistic erori maxime în funcţie de numărul de spire cunoscut, indicate în tabela 1.

Tabela 1

Spire măsurate	Eroarea în % găsită sub	Clasa fixată
sub 100	−0,5	1
101—1 000	−1,2	1,5
1 001—5 000	−2	2
5 001—10 000	−2,2	2,5

Ing. E. Aronoviei cercetător la I.C.P.E.T.

REFERATE

Maşini şi transformatoare electrice

CZ 621.314.222 :621.317.333.8

Incercări de şoc efectuate asupra înfăşurărilor de joasă tensiune ale transformatoarelor de distribuţie. [După J. E. Holcomb, Trans. Amer. Inst. electr. Engrs, 74 (1955), partea III, p. 1152—1156].

În S.U.A. se fac încercări cu tensiune de şoc la transformatoarele în exploatare, atît la înfăşurarea de înaltă tensiune, cît şi de joasă tensiune.

Cum la aceste încercări, din cauza numărului de spire redus al înfăşurării de joasă tensiune, nu se atinge durata de coada undei necesară de 40 μs, standardele americane indică scheme de montaj pentru încercare: fie că se leagă la pămînt capătul înfăşurării printr-o rezistenţă de 500 Ω, fie că se leagă două faze în serie.

A.B.

CZ 621.314.214

Un nou transformator de reglaj [După Raupach Fr., Electrotechn. Z. — A. 77 (1956) 22, p. 834—836].

Transformatoarele de reglaj cu raportul de transformare variabil la care tensiunea se obţine printr-o rolă de cărbune alunecînd pe spire, au o putere pe spiră, limitată. Se descrie un nou transformator de reglaj cu înfăşurarea secundară în exterior prevăzută pe generatoare cu o fişie dezizolată. Tensiunea este obţinută de pe aceste spire dezizolate prin două contacte metalice de la spiră la spiră. În poziţia de repaus, se află numai un contact pe spire. Aceste contacte metalice servesc numai ca preselectoare. Comutarea sarcinii de pe o spiră pe alta se face cu ajutorul unor contactoare care sînt situate în afara transformatorului. Tensiunea şi curentul unei spire sînt transformate de reductoare la valori care pot fi comutate de contactoare uzuale. Reductoarele de curent sînt acţionate parţial deschis sau printr-o sarcină şi servesc la diminuarea curentului de scurtcircuit pe spiră în momentul trecerii.

În continuare, autorul arată că s-a putut ajunge la acest tip de transformator de reglaj, la tensiuni de 30 V pe spiră şi chiar mai mult. În construcţiile realizate, au fost prevăzute tensiunea pe spiră de: 2, 5, 10, 20 şi 30 V. Contactele metalice au fost dimensionate pentru curenţi pînă la 300 A astfel încît puterea pe spiră a putut fi urcată pînă la 9 000 VA.

M.P.

CZ 621.314.2

Transformatoare şi reductoare [După Kaltofen A. şi Kuchler R., Electrotechn. Z. —A, 77 (1956) 12, p. 356—359].

În prezent la transformatoare se dă o utilizare mereu crescîndă a tolei cu cristale orientate laminată la rece. Prin întrebuinţarea unor izolanţi rezistenţi la căldură, puterea transformatoarelor de diverse tipuri poate fi mărită la gabarite identice.

Fabrica A.E.G. a construit o unitate de transformator neinflamabil de 630 kVA, 6 kV/0,4 kV cu clofen. Un tip analog de 500 kVA a fost realizat de fabrica Siemens servind ca element pentru staţii de transformare blindate, prefabricate destinate diverselor fabrici. Se remarcă un izolator de trecere pentru transformatoare, izolat cu preşpan şi reductor de tensiune încorporat, pentru 400 kV.

În domeniul reductoarelor se remarcă din ce în ce mai mult utilizarea răşinilor ca izolant pentru tipurile ulinterioare şi construcţia în ulei, pentru ceiei de tipul exterior.

M.P.

CZ 621.313.362.

Motoarele trifazate în derivaţie pentru reglajul turaţiei II. Motoare trifazate alimentate rotoric cu colector cu o singură cale [După Trassl J., Elektrotechnik Würzburg, 38 (1956) 32, p. 303—304].

La motoarele trifazate în derivaţie cu alimentare rotorică în execuţie normală periile aparţinînd aceleaşi faze statorice sînt mişcate una faţă de alta în sens contrar pentru a se putea comanda tensiunea de reglaj şi prin aceasta turaţia. Colectorul trebuie confecţionat de lăţime dublă, pentru a se obţine o comutare sigură şi pentru a se evacua căldura degajată. Se obţine astfel un colector cu două căi.

La motoarele mai mari, luînd în considerare mărimea curentului statoric secundar şi densitatea de curent admisibilă la cărbunii periilor, se echipează fiecare pereche de portperii cu cărbuni. La motoare tetrapolare mai mici (pînă la circa 15 kW) se echipează de obicei numai o singură pereche de poli, cealaltă, rămînînd neutilizată. Astfel se micşorează uzura. Posibilitatea de a echipa cu cărbuni o singură pereche de poli se bazează pe faptul că repartiţia potenţialului de-a lungul conturului colectorului se repetă după parcurgerea a doi paşi polari. La motoarele cu patru poli aceste puncte de potenţial sînt diametral opuse.

Suprimarea unui rînd de perii duce la colectorul cu o singură cale, care faţă de colectorul cu două căi necesită doar jumătate lăţime.

Se dă baza teoretică a acestei simplificări constructive.

La motorul trifazat în derivaţie cu alimentare rotorică cu colector cu două căi, pe lîngă poziţiile limită pentru turaţia maximă şi minimă, altă poziţie importantă este poziţia de scurtcircuit.

În privinţa funcţionării în generator, factorului de putere şi randamentului motoarele cu colector cu o singură cale nu se deosebesc de cele cu două căi cu acelaşi număr de perii; doar lungimea colectorului este în primul caz pe jumătate cît lungimea în al doilea caz.

A.S.

Cabluri electrice

CZ 621.315.211.016.3

Durata de viaţă relativă ca măsură a capacităţii de încărcare a cablurilor [După Schick W., Electrotechn. Z.—A, 78 (1957) 2, p. 44—46].

Durata de viaţă a cablului este dependentă exponenţial sub anumite limite, de temperatura de funcţionare a izolaţiei conductorului. La sarcina variabilă, valoarea de vîrf a curentului poate depăşi valoarea admisibilă a curentului de durată atît timp cît nu este depăşită îmbătrînirea medie anuală produsă de curentul de durată, după prescripţii. În aceste condiţii, durata de viaţă relativă, raportată la temperatura de durată admisibilă, se menţine.

În articol se arată ipotezele pentru încercări şi mersul calculelor din care se deduce o nomogramă pentru obţinerea constantelor de încălzire raportate la secţiunea conductorului din curentul de vîrf şi factorul de sarcină la o durată de viaţă relativă.

Se expune o tabelă cu constantele de încălzire conform prescripţiilor pentru cabluri de la 1 kV pînă la 30 kV şi se arată un exemplu de calcul. Consideraţiile expuse se referă exclusiv la cabluri de tensiune joasă şi medie.

M.P.

CZ 621.311.211

Aspecte recente ale tehnicii fabricării cablurilor izolate [După Domenach M. L., Bull. Soc. franc. Electr. VII (1957) 77, p. 285—299].

Autorul trece în revistă realizările şi stadiul actual al industriei franceze de conductoare şi cabluri, dînd numeroase date statistice. Se analizează folosirea elastomerilor sintetici în instalaţii şi în reţele de distribuţie, considerîndu-se avantajele şi dezavantajele lor şi se descriu proiecte pentru noi produse. Se arată domeniile de întrebuinţare ale polietilenului, în special la cablurile coaxiale terestre şi submarine şi se dau caracteristicile viitorului cablu Marsilia-Alger, de 60 de canale şi de o lungime de 1 000 km.

În construcţiile de cabluri de forţă pentru înalte tensiuni, se tinde la folosirea gazelor sau uleiului sub presiune pînă la 15 at, iar pentru cablurile de foarte înalte tensiuni, 425 şi 500 kV, la folosirea numai a uleiului sub presiune cu realizarea izolaţiei din hîrtie de condensator de grosime redusă 15—30 μ. În prezent se lucrează la realizarea unui cablu special de 500 kV pentru Suedia, cu dispozitive speciale de

răcire forțată, fapt care permite ridicarea intensității cîmpului electric de lucru. În concluzie, autorul atrage atenția asupra interesului pe care l-ar prezenta folosirea unor noi materiale metalice cu rezistență electrică redusă în construcția conductoarelor de energie

A.B.

CZ 621.311.211.

Cabluri pentru tensiune joasă și medie. [După *H. Muller*, Elektrotechnik Wurzburg, 38 (1956) 22, p. 211—213].

Autorul face mai întîi un istoric al fabricației cablurilor, analizînd evoluția tipurilor importante în privința izolației și blindajului electric și mecanic.

Se analizează apoi posibilitatea de înlocuire a plumbului și oțelului utilizat în fabricație. Se menționează, descriindu-se pe larg constituirea blindajului de aluminiu.

Este arătat mai departe avantajul în privința răsucirii al conductoarelor în formă de sector.

Se indică modul de calculare al gradientului maxim de tensiune ce acționează în cablu la tensiunea nominală :

$$p = \frac{0{,}4343\ V}{r.\ \log \frac{R}{r_1}}$$

în care V este tensiunea eficace; r — raza conductorului; R-raza interioară a mantalei de plumb sau ecranul metalic, ca și calcularea grosimii izolației pe baza unui anumit p:

$$h = r\left(e^{\frac{V}{pr}}\right) - 1$$

în care h este grosimea izolației iar e baza logaritmilor naturali, celelalte notații avînd specificația ca mai sus.

În încheiere se arată că atît pentru izolație cît și pentru protecția chimică se folosește în ultima vreme tot mai mult clorura polivinilică și polietilena.

A.S.

Aparate electrice

CZ 621.316.57

Întreruptoare, instalații de conectare, relee și comenzi [După Petermichl F., Electrotechn. Z.—A, 77 (1956) 12, p. 363—368].

În R.F.G. este accentuată tendința de a adopta pentru puteri ridicate, atît tipurile de întreruptoare cu expansiune (pentru 380 kV și o putere de rupere de 12 000 MVA pe fază), cît și tipurile cu compresiune (pentru 110 și 220 kV cu puteri de rupere respective de 4 000 și 8 000 MVA). Fabrica AEG a realizat un tip de întreruptor cu întreruperi multiple pentru o putere de rupere de 4 000 MVA. În domeniul întreruptoarelor de joasă tensiune pentru protecția motoarelor, se constată tendința de a construi întreruptoare sub forma de elemente unificate. În alte cazuri releele termice și electromagnetice sînt reunite în blocuri ușor interschimbabile. Pe lîngă instalațiile în cadre, afară de cele de 220 și 380 kV care sînt totdeauna de tip exterior, pentru tensiuni de 110 kV și mai mici se dă preferință instalațiilor de tip interior, în special în locurile dens locuite.

Pentru tensiunile medii se dă preferință instalațiilor capsulate cu o tendință crescîndă către o unificare.

În ceea ce privește releele, tehnica tinde din ce în mai mult să bazeze funcționarea lor pe fenomene pur electriee ale căror efecte sînt utilizate pentru acționarea unor relee auxiliare. La dispozitivele de semnalizare și comandă se caută să se reducă din ce în ce mai mult dimensiunile lor.

M.P.

CZ. 621.316.57.064.46.

Intreruptor cu vid. [După *V. N. Tihonov*, Vestn. Electroprom. 27 (1956)10, p. 8—13].

În comparație cu mediile obișnuite de stingere a arcului din întreruptoare, uleiul de transformator, aerul, gazele inerte etc. vidul are o serie de avantaje, și anume : intensitatea cîmpului electric de străpungere foarte mare : 100 kV/mm, imposibilitatea formării și menținerii arcului (într-un vid foarte înaintat, 10^{-2}mm col. Hg). O serie de firme străine au realizat astfel de întreruptoare pentru tensiuni de la 12 pînă la 138 kV și puteri maxime de 10 000 kVA. Se presupune posibilitatea înlocuirii complete a întreruptoarelor cu ulei cu cei cu vid.

Se expun metodele de încercare a materialelor componente ale întreruptorului și comportarea lor în vid, elaborate în cadrul VEI (U.R.S.S.). Se studiază problema eroziunii contactelor și se presupune folosirea volframului ca material pentru contacte. Se descriu studiile procesului de deconectare a curentului în întreruptor și se analizează oscilograma corespunzătoare tensiunii de 10 kV și 8 A în curent continuu.

În concluzie, se arată că pentru realizarea întreruptoarelor cu vid pentru puteri mari de rupere se cere folosirea unor materiale speciale pentru electrozi, de exemplu, grafitul.

A.B.

CZ 621.375.3.

Calculul amplificatoarelor magnetice cu reacție. [După : *R. H. Balian*, Electricestvo, 76 (1956) 9, pag. 63—67].

Articolul se ocupă de problema calculării amplificatoarelor magnetice în condițiile care asigură greutatea, gabaritul și prețul minim. Se studiază calculul amplificatoarelor cu reacție și se stabilește o metodă simplă inginerească de soluționare. Se iau în considerație ambele feluri de reacție, internă și externă, atît pentru amplificatoare simple cît și pentru cele în dublu tact. Miezurile au fost alese de formă toroidală, ca fiind cea mai rațională.

Calculele arată că schema cu reacție internă este cu mult mai economică decît cea cu reacție externă. Astfel de exemplu schema cu reacție internă asigură un gabarit de circa 1,4 ori mai redus decît cu reacție externă. Se poate observa că greutatea și prețul amplificatorului este proporțional cu. $\sqrt{\left(\frac{P}{f}\right)^3}$.

Se tinde la funcționarea în zona liniară de comandă, fără să se atingă saturația totală a miezului. Cu cît se impun condiții mai grele de liniaritate, cu atît tensiunea rețelei este mai ridicată decît tensiunea sarcinii. În regim de gol tensiunea la bornele amplificatorului nu diferă practic de tensiunea rețelei. Calculul este simplu și relativ rapid. Metodica este aplicabilă și pentru sarcini inductive, însă curentul prin amplificator și tensiunea la bornele sale în regim de premagnetizare nulă trebuie stabilite cu luarea în considerație a condițiilor respective.

S.S.

Materiale electrotehnice

CZ 621.315.615.2

Ulei de transformator stabilizat. [După *E. K. Dobrer*, Vestn. Electroprom. 27 (1956) 10, p. 67—70].

Se constată că elementele necesare determinării gradului de îmbătrînire a uleiului de transformator sînt : *a*-cantitatea de precipitații și *b*-indicele de aciditate al uleiului. Pentru mărirea duratei de folosire a uleiului se utilizează — printre altele — metoda adaosurilor (substanțe chimice), care încetinesc viteza de oxidare a uleiului. Cercetări efectuate asupra uleiurilor cu adaosuri au arătat micșorarea indicelui de aciditate, comparativ cu uleiurile pure. Timpul de îmbătrînire al uleiului cu adaosuri se apreciază a fi de două ori mai mare. Se studiază caracteristicile electrice ale ambelor tipuri de uleiuri. Pierderile dielectrice ale celui stabilizat sînt mai mici, în special pentru uleiurile care au fost timp îndelungat în exploatare. Se arată, totuși, că în scurtă vreme după terminarea acțiunii adaosurilor, uleiul stabilizat își reduce calitățile electrice la nivelul celui nestabilizat.

Se mai arată diferența sensibilă între rezultatele obținute asupra uleiurilor prin metodele de îmbătrînire artificială și cele reale din exploatări. Se trage concluzia necesității unor experimentări de lungă durată pentru dozarea exactă de adaosuri în uleiurile de transformator.

A.B.

CZ 621.315.614.72.

Banda electroizolantă de tip sticlă-escapon. [După *L. T. Ponomarev*, Vestn. Electroprom. 28 (1957) 3, p. 45—49].

Banda electroizolantă de tip sticlă-escapon este un tip nou de izolație sintetică realizată în U.R.S.S. Se redă tehnologia fabricării benzii în următoarele faze : curățirea benzii

sticloase, impregnarea în lac escapon, uscarea într-un cuptor cu temperatură ridicată şi finisarea mecanică a benzii. Se descriu schematic principalele instalaţii.

Caracteristicile electrice ale benziisînt superioare, şianume: rezistivitatea volumetrică specifică = 58.0^{15} Ω. cm; tensiunea de străpungere pentru banda cu o grosime de 0,17 mm = 8 680 V. Higroscopia nu depăşeşte 1,06 % absorbţie de apă timp de 24 de ore, ceea ce îi creează superioritate faţă de banda uleiată organică. Datorită constantei dielectrice ridicate ε = 6 şi a stabilităţii pierderilor dielectrice în zona 20—100°C, banda de sticlă-escapon are perspective largi de folosire în industria electrotehnică. În special ar înlocui banda albă de bumbac şi banda sticloasă de tipul SLT-3 îmbunătăţind calităţile izolaţiei şi mărind durata vieţii maşinii sau aparatului respectiv. De menţionat că astăzi în U.R.S.S. preţul de cost al benzii de mai sus este mai scăzut chiar decît al benzii albe de bumbac.

A.B.

Utilizări electrice

CZ 621.316.17.

Conducte electrice principale în imobile noi de locuinţe [După Elektrotechnik Würzburg, 38 (1956) 22, p. 203—206].

Articolul prezintă îndrumări pentru proiectarea instalaţiilor de alimentare cu energie electrică a apartamentelor din blocuri de locuinţe. Se demonstrează superioritatea montării descentralizate a contoarelor faţă de montarea centralizată. Se consideră ca putere instalată pe apartamente 20 kW în cazul montării boilerelor şi 30 kW în cazul montării aparatelor continue de încălzire.

Factorul de simultaneitate poate fi stabilit numai empiric: scade cu cît creşte numărul apartamentelor racordate, putînd coborî la blocuri sub 0,2.

În tabele se prezintă determinări ale secţiunilor conductoarelor în diferite cazuri, precum şi comparaţii de preţuri. Se vede că în raport cu investiţia totală făcută în construcţie, partea aferentă instalaţiei electrice este neînsemnată.

Nişele contoarelor trebuie să fie construite în conformitate cu normele, pentru a permite instalarea cutiilor de derivaţie sau înlocuirea contoarelor monofazate prin contoare trifazate în cazul instalării unor aparate termice mai puternice.

În cazul instalării motoarelor electrice, pornirea lor nu trebuie să influenţeze iluminatul. Soluţia va fi dată de la caz la caz.

Conductele principale vor fi făcute din conductoare similicablu, al căror preş mai ridicat decît al pozării tuburilor se compensează printr-un montaj mai uşor. Aceste conductoare mai au avantajul că pot fi încărcate mai mult decît conductele în tuburi.

Se obţin economii de material prin construirea unei reţele inelare sau buclate. La o astfel de reţea cu alimentare multiplă poate fi luat un factor de simultaneitate mai mic. Un asemenea sistem aduce o esenţială simplificare a traseelor şi, deci, economie.

În articol sînt date exemple şi consideraţii pentru proiectare.

A.S.

CZ 621.319.4.062.

Conectarea condensatoarelor de sarcină reactivă [După Buter I., Electrotechn. Z.—A., 78 (1957) 1,p. 12—19].

Se face o expunere asupra cercetărilor la anclanşarea şi declanşarea bateriilor de condensatoare pentru îmbunătăţirea factorului de putere montate în derivaţie. S-au utilizat întreruptoare cu aer comprimat, cu ulei puţin cu şi fără adaosuri pentru stingere, întreruptoare de condensatoare cu ulei puţin cu sau fără rezistenţe adiţionale.

Procesele acestor anclanşări şi declanşări au fost înregistrate pe oscilograme. Rezultatele au arătat că la anclanşări chiar fără rezistenţe adiţionale, vîrfurile de curent sînt cuprinse în limite care nu prezintă nici un pericol atît pentru întreruptor cît şi pentru condensator. Întreruptoarele cu procese de stingere independente de curent au declanşat bateria în majoritatea cazurilor fără reaprinderi şi fără supratensiuni. Prin rezistenţele de anclanşare s-au putut obţine atenuări puternice în procesele de compensare la diversele conectări. Întreruptoarele cu procedee de stingere dependente de curent, au condus mai curînd către reaprindere şi supratensiuni. La anclanşările unei baterii conectate la staţie printr-un cablu mai lung, au survenit procese de oscilaţie adiţionale care au dus la supratensiuni în reţea. Reductoarele de descărcare conectate la pămînt au exercitat o influenţă nefavorabilă în procesul de deconectare. S-a dovedit în cursul cercetărilor că reductoarele de descărcare montate în V dau rezultate mai bune.

M.P.

Măsurători şi instrumente de măsură electrice

CZ 621.317. 335.2

Determinarea exactă a capacităţii condensatoarelor cu gaz sub presiune [După Wiessner W., Electrotechn. Z.—A, 77 (1956) 22, p. 824—828].

În articol sînt discutate unele surse importante de erori care apar frecvent la măsurătorile de precizie pentru capacitatea condensatoarelor cu gaz sub presiune. Se arată, în special, dispoziţia de conectare a condensatorului pentru a evita capacităţile de dispersie, care falsifică rezultatele obţinute. Autorul descrie metoda de măsurare cu puntea Giebe şi Zickner şi aceea cu aceeaşi punte cu un montaj auxiliar după Wagner. Se dau unele exemple, cu rezultatele obţinute iar într-o tabelă se arată diverse măsurători de capacităţi cu diferite scheme de montaj utilizate. Se arată ce măsuri trebuie luate pentru a evita erorile în măsurători. În încheiere autorul arată că indicaţiile date în articol au permis determinarea capacităţii unui condensator cu gaz sub presiune cu o eroare de ± 0,02 pF. Astfel de rezultate se pot obţine dacă este bine cunoscută capacitatea condensatorului de substituire.

M.P.

CZ 621.315.618.

Măsurarea separată a pierderilor prin ionizare gazoasă într-un izolant compus [După M. I. P. Gelez, Bull. Soc. Franc. Electr., VII (1957) 76, p. 238—244].

Se prezintă schema electrică echivalentă a pierderilor dintr-un izolant compus şi anume: *a*-pierderile datorită curentului de conductibilitate şi care caracterizează rezistenţa izolaţiei, *b*- pierderile cauzate de polarizarea dielectricului şi care creează o componentă wattată a curentului în fază cu tensiunea şi *c*- pierderile ce se ivesc o dată cu începerea ionizării interstiţiilor de aer din dielectric. Măsurarea separată a pierderilor prin ionizare se obţine prin diferenţa dintre măsurătorile pierderilor totale şi pierderilor prin polarizare şi de conductibilitate. Pentru ambele măsurători se foloseşte un montaj special cu punte Schering şi pentru a cărei echilibrare la prima măsurătoare se întrebuinţează un galvanometru cu vibraţii, iar la cea de a doua măsurătoare un osciloscop. Se redau o serie de măsurători pentru diverşi dielectrici, şi anume: plăci de polistiren cu interstiţii de aer, izolaţia barei unui alternator, plăci de sticlă etc. Se trec în revistă aparatele recent construite pentru măsurarea diferitelor mărimi electrice corespunzătoare ionizării dielectricilor.

A. B.

CZ 621.314.224.8.029.5.

Despre principiile constructive ale noii serii de reductoare de intensitate pentru tensiuni pînă la 10 V. [După B. A. Zilberstein, Vestn. Electroprom. 27 (1956) 10, p. 13—19].

Se analizează stadiul actual al construcţiilor tipurilor de reductoare de intensitate pînă la 10 kV de unde reies următoarele principii constructive pentru noua serie în curs de proiectare: 1) Renunţarea la tipurile „universale" de reductoare şi proiectarea de tipuri speciale în funcţie de domeniile lor de utilizare (măsură sau protecţie). La fel se cere proiectarea pe clase de puteri, de precizie etc. 2) Micşorarea sarcinii nominale a miezurilor magnetice pînă la 0,2 Ω pentru tensiunile de 3—10 kV şi pînă la 0,1—0,15 Ω pentru tensiunile joase. Recomandarea folosirii clasei de precizie 1 în majoritatea construcţiilor, fiind cea mai cerută. 3) Gradul de saturaţie al miezurilor pentru tipurile folosite la protecţie să fie în limitele 10—12 pentru o sarcină de 0,6 Ω. 4) Stabilitatea dinamică şi termică a reductoarelor de 300—400 A şi mai

mari, trebuie scăzută şi să fie în concordanţă cu stabilitatea întreruptoarelor mari. 5) În unele construcţii se cere înlocuirea tipurilor existente cu carcase metalice şi izolatoare de porţelan cu tipuri moderne folosind răşini epoxidice.

Se arată în continuare, stadiul realizării în U.R.S.S. a răşinilor epoxidice şi a altor răşini similare cu posibilităţile lor de folosire.

A. B.

CZ 621.317.2.

Idei de bază pentru determinarea tipului de cameră de măsurare în fabrici. [După *I. Bakonyi*, Mérés és automatika, 5 (1957) 1, Budapesta p. 16—19].

Autorul expune în articol legătura ce există între clasa de toleranţe şi temperatura la care se fac măsurătorile în camera de măsurare. Cu cît clasa de toleranţă este mai mare, cu atît şi intervalul de temperatură la care se fac măsurătorile este mai mare fără ca să se producă erori mai mari în executarea măsurătorilor, care să depăşească clasa respectivă de toleranţe. Astfel la clasa 2 este suficient să se execute măsurătorile la 20 ± 2,5°, la clasa 3 la 20 ± 4,0°, la clasa 4 la 20 ± 6,0°. Deci problema instalaţiilor pentru menţinerea constantă a temperaturii la 20°C în camera de măsurare poate fi simplificată, admiţînd pentru temperatură un interval mai larg corespunzător clasei în care trebuie executate măsurătorile, aceasta în funcţie de producţia fabricii respective.

O.S.

CZ 681.2.

Problema formei externe estetice la proiectarea instrumentelor de măsură. [După *F. Petik, F. Benko* şi *A. Heredi*, Mérés és Automatika, 5 (1957) Budapesta 1, p. 20—28].

La construcţia instrumentelor de măsură, mai ales a celora pentru export, se cer să fie îndeplinite următoarele trei condiţii: 1-funcţionare perfectă; 2-preţ de vînzare redus şi 3-formă externă estetică. Problema formei estetice este legată de natura omenească, care cere condiţii de lucru şi de viaţă plăcute în toate împrejurările activităţii. Forma externă estetică este determinată de: 1-compunerea maselor diferitelor părţi; 2-liniile externe; 3-suprafaţa îngrijit lucrată şi 4-culoarea suprafeţei. Autorii examinează fiecare condiţie în parte şi se explică legătura strînsă ce există între aceste condiţii şi materia primă din care este făcut instrumentul (fontă, tablă, metale neferoase, alte materiale). O serie de exemple prezentate sub formă de fotografii în comparaţie cu construcţii mai vechi adaptate la gustul timpului respectiv, ilustrează articolul prezentat.

O.S.

CZ 621.314.222.3.

Transformatoare de tensiune de tipul NKF—400. [După *A. M. Dimcov* şi *S. E. Fingherit*, Vestn. Electropom, 28 (1957) 3, p. 21—23].

Transformatorul realizat pentru necesităţile liniei de foarte înaltă tensiune Kuibîşev-Moscova de 400 kV, cu tensiunea primară de $400/\sqrt{3}$ kV, iar cea secundară de 100 şi $100/\sqrt{3}$ V. Puterea nominală pentru clasa 1 este de 500 VA, iar pentru clasa 3 de 1 000 VA. Izolaţia bobinajului primar este dimensionată pentru clasa 400 kV, caracterizată prin următoarele cerinţe: tensiunea pe linie de lungă durată 420 kV, tensiunea de încercare la străpungere 700 kV, tensiunea de încercare la impuls a bobinajului primar de 1 500 kV pentru unda întreagă şi de 1 800 kV pentru unda retezată. Constructiv, transformatorul este realizat din trei blocuri separate, aflate fiecare într-o cuvă de porţelan şi situate în plan vertical.

Circuitul magnetic al transformatorului este realizat din tole de oţel electrotehnic marca EZ10. Bobinajele, în straturi, sînt montate pe cilindri de bachelită, iar cel primar este prevăzut cu ecrane metalice pentru uniformizarea cîmpului electric. fiecare bloc este acoperit cu o flanşă metalică şi are asigurat circuit separat de ulei cu conservatorul, indicatorul de nivel şi uscătorul de aer respectiv.

Greutatea totală a transformatorului este de circa 6 500 kg, dintre care greutatea uleiului este de 910 kg, a bobinajelor din cupru de 179 kg şi a oţelului electrotehnic de 690 kg.

A.B.

Modelare electrică

CZ 621.316.57.064

Procedeu pentru determinarea oscilaţiilor de restabilire. [După Hochrainer A. şi Kriechbaum K., Electrotechn. Z.—A, 77 (1956) 20, p. 721—724].

De cînd s-a recunoscut că limita puterii de rupere a unui întreruptor de înaltă tensiune depinde de procesul oscilaţiilor de revenire ale reţelei conectate, s-a căutat să se dezvolte diverse procedee pentru determinarea acestor oscilaţii. În cazuri mai simple, aceste oscilaţii se pot stabili relativ uşor. Adesea reţeaua conectată, reprezintă o combinaţie de circuite oscilante astfel, încît numai oscilograma poate da o indicaţie de bază. Autorul face o expunere asupra procedeelor utilizate pînă în prezent pentru determinarea oscilaţiilor de revenire. Măsurătorile la scurtcircuite în reţea dau posibilitatea obţinerii unor rezultate exacte, utilizarea este însă foarte limitată. Se utilizează de asemenea procedee care fac apel la calcule şi măsurători pe reţele reproduse. La acestea, preciziunea trebuie verificată. În articol se arată un procedeu în care se utilizează un model de reţea a cărui denumire de „analizator de reţea" (Netzanalysator) s-a statornicit. Acest analizator are proprietatea de a permite cercetări pînă la cele mai înalte limite de frecvenţe. Sînt descrise, în continuare, elementele utilizate pentru reproducerea proceselor şi cîteva exemple comparative.

M. P.

Automatizări şi maşini de calcul

CZ 681.142:62—52

Maşini de calcul rapide şi automatizarea proceselor de producţie [După Iavlinski N. A., Electricestvo, 76 (1956) 9, pag. 7—13].

Maşinile de calcul capătă un rol din ce în ce mai important în producţie. Multe din problemele ştiinţifice şi tehnice pot fi formulate matematic sub forma unor ecuaţii algebrice sau diferenţiale. Foarte puţine din aceste probleme pot fi soluţionate pe cale analitică. De obicei trebuie să se recurgă la integrarea numerică, foarte laborioasă, presupunînd uneori milioane de operaţiuni. Maşinile moderne de calculat soluţionează probleme care necesită mii de oameni ore, în cîteva minute. Utilizările maşinilor de calculat nu se opresc la automatizarea proceselor matematice, ci permit comandarea maşinilor, agregatelor şi liniilor automate ale întreprinderilor industriale. În prezent s-a ajuns chiar la construirea unor automate care îndeplinesc operaţiuni logice, pe baza memorizării operaţiunilor anterioare.

Dezvoltarea automatizărilor se face azi în două direcţii: prima direcţie constă în executarea automatelor cu număr limitat la semnale codificate. Acest sistem duce la mărirea productivităţii muncii dar nu modifică caracterul general al procesului tehnologic şi deci construcţia maşinilor folosite. Posibilităţile de judecată ale maşinilor nu sînt folosite deloc sau în mică măsură.

A doua direcţie, este folosirea maşinilor de calcul ca maşini de comandă, care stabilesc reglajul optim al sistemelor complexe. În acest caz dispozitivul de memorizare păstrează sub formă codificată informaţii care caracterizează posibilităţile tehnice ale utilajului şi cerinţele procesului de reglaj.

În articol sînt descrise în principiu elementele constitive ale acestor maşini şi anume: dispozitivul de executare al operaţiunilor matematice; dispozitivul de memorizare care conţine programul de executare a operaţiunilor; dispozitivul de comandă, care asigură executarea automată a calculelor în ordinea programului; dispozitivul de introducere a datelor de calcul în maşină; dispozitivul de extragere a rezultatelor împreună cu sistemul de tipărire a acestora etc.

S.S.

CZ 681.142:62—53

Punerea la punct a sistemelor statice de autoreglaj [După Cinici, V. G., Electricestvo, 76 (1956) 9, p. 39—42].

Forma generală a sistemelor statice de reglaj se reprezintă printr-o schemă care constă dintr-un circuit direct cu coeficient de transfer μ, şi dintr-un circuit de reacţie cu coeficientul V. Acestei scheme îi pot corespunde diferite sisteme reale, spre

exemplu sistemele de reglaj automat a tensiunii generatorului de curent continuu de reglaj a turației cu amplidină sau amplificatoare electronice cu reacție negativă.

Calitatea sistemului de reglaj poate fi determinată după capacitatea de a răspunde cu precizie suficientă a semnalului de ieșire la semnalul corespunzător de intrare.

În regim staționar indicii de bază ce caracterizează sistemul de reglaj, sînt eroarea și coeficientul de transfer al sistemului închis. În articol se dau expresiile acestor mărimi.

În literatura de specialitate se dau formulele care permit determinarea erorii sistemului static de reglaj, cauzate de o serie de factori perturbatori ai mașinilor electrice de curent continuu. Dar aceste formule au dezavantajul că cuprind numai cîteva cazuri particulare și devin foarte complicate pentru cazul mai multor perturbații.

De aceea formulele date în acest articol se dovedesc mai comode, fiind valabile pentru orice sistem ce poate fi prezentat prin schema descrisă. La sfîrșit se dă un exemplu de calcul pentru cazul reglării tensiunii unui generator de curent continuu cu amplidină.

S.S.

Electrocăldură

CZ 621.365.2.001.4

Controlul cuptoarelor cu arc. Metodă îmbunătățită pentru măsurarea tensiunii arcului. [După Steele C. S., Electrical Review, 160 (1957), 1 (ian), pag. 7—8].

La cuptoarele cu arc, indiferent de mărimea lor, apare o cădere de tensiune reactivă între bornele transformatorului și arc din cauza reactanței cablurilor flexibile și electrozilor. Din cauza acestor pierderi se măsoară greu tensiunea reală a arcului. Metoda de control folosită în prezent menține constantă impedanța arcului comparînd semnalul de tensiune obținut prin redresarea tensiunii de la bornele arcului cu semnalul de curent obținut similar din curentul arcului. În practică, se adoptă ca tensiune a arcului tensiunea între barele transformatorului și carcasa cuptorului. Această aproximație, suficient de exactă în funcționare normală, nu mai este exactă cînd factorul de putere este mic. cînd arcul se stinge sau la un scurtcircuit.

Sînt descrise metode pentru obținerea unui semnal corect prin adăugarea unei tensiuni egale și opuse cu căderea de tensiune produsă de reactanță între barele transformatorului și carcasa cuptorului. Transformatoarele de curent existente pot fi folosite pentru a obține o componență de tensiune proporțională și opusă căderii de tensiune datorite reactanței între bare și arc. Această cădere de tensiune, adunată vectorial cu semnalul de tensiune obținut de la bare, dă destul de exact tensiunea arcului.

Se descrie un montaj și sînt reproduse rezultate ale încercărilor. A.S.

CZ 621.791.9 :621.312

Folosirea sudurii la rece în industria electrotehnică [După Baranov, I. P., Vestn. Electroprom. 27 (1956) 10, p. 28—35].

La înlocuirea cuprului cu aluminiul în construcțiile mașinilor electrice, transformatoarelor etc. una din problemele importante este realizarea legăturilor. O metodă eficientă folosită, constă în sudarea la capetele bobinajelor din aluminiu a unor plăcuțe de cupru. Aceasta se execută la rece prin presarea plăcuței de cupru de benzile de aluminiu și sudarea de cîteva puncte la o mașină automată, fără aport suplimentar de căldură.

În articol se studiază două feluri de suduri : prin suprapunere și cap la cap ; se arată domeniile de utilizare ale fiecărui tip. Se descriu încercările de rezistență mecanice ale sudurilor, la întindere și la încovoiere. Separat s-au determinat rezistențele izolației sudurilor în diferite medii acide și alcaline pentru stabilirea influenței acestor medii. Din încercările de mai sus s-au dedus secțiunile optime ale sudurilor prin suprapunere și cap la cap. Este de menționat că la realizarea sudurilor nu este necesară curățirea peliculei de oxid de aluminiu întrucît aceasta este eliminată din zona sudurilor prin deformația plastică a plăcilor. A. B.

CZ 621.365.5.059

Incălzirea pieselor feromagnetice prin inducție cu frecvențe eșalonate [După Minsieux I., Rev. gen. Electr. 66 (1957) 5, p. 239—245].

Autorul reamintește sumar teoria încălzirii prin inducție și arată că pentru bare de oțel este avantajos să se utilizeze, în funcție de dimensiunile pieselor, o încălzire inițială cu ajutorul curenților alternativi la frecvența industrială de 50 Hz care permite să se atingă în foarte scurt timp temperatura de 700°C ; apoi se completează încălzirea pînă la 1 250°C, cu frecvențe de ordinul de 1 000 Hz produse de un grup convertizor. Se arată domeniul de aplicare după natura tratamentului termic, dimensiunile piesei de încălzit și temperatura care trebuie atinsă. În continuare se expune aparatajul utilizat pentru aplicarea procedeului ca și exemple de instalații executate și rezultatele obținute. S-a putut obține un randament ridicat și un factor de putere foarte satisfăcător în circuitul de alimentare al grupului convertizor. În încheiere, autorul citează o instalație canadiană de același model pentru o producție importantă pusă recent în exploatare și care pare a fi cea mai importantă din lume. Această instalație este prevăzută pentru o producție anuală de 70 000 t bare de oțel de 150 × 150 mm, încălzite la 1245° C, adică o producție orară de 25 t, destinată alimentării unor laminoare. Ca detalii se arată că pentru zona de încălzire pînă la 700°C alimentarea se face la frecvența rețelei printr-un transformator de 4 000 kVA la 550 V și 60 Hz. Pentru zona a doua, de la 700°C la 1245°C alimentarea se face cu ajutorul unui grup convertizor cuprinzînd un motor sincron de 5 000 kVA cuplat cu un alternator de 3 500 kW și 540 Hz. Puterea totală absorbită din rețea este de 9 000 kVA. S-a putut obține un cos $\varphi = 0{,}9$ prin utilizarea motorului sincron și prin montajul unor baterii de condensatoare în derivație pe bobinele inductoare.

M. P

CRONICĂ

Prima sesiune de comunicări tehnico-științifice ICPET

CZ 621.3 :061.6 :061.3.

Sesiunea s-a desfășurat în zilele de 24—26 iunie 1957 în prezența reprezentanților ministerelor, a întreprinderilor cointeresate și a instituțiilor tehnico-științifice. La ședința de deschidere prezidată de directorul institutului, tov. conf. ing. Roman Stere, a luat cuvîntul tov. director general Ing. Ivancenco din Ministerul Industriei Grele care a arătat rolul care îi revine institutului în introducerea și perfecționarea tehnicii noi în producția industrială. Apoi, tov. director Stere a făcut o scurtă dare de seamă a dezvoltării și activității institutului, a realizărilor mai importante și a lipsurilor constatate.

În sala de ședințe numeroase fotografii și modele expuse au arătat participanților aceste realizări astfel încît reprezentanții din exploatări și întreprinderi se puteau convinge de progresele făcute și de stadiul în care se află multe din problemele care le interesau îndeaproape.

Au urmat cele 34 de comunicări tehnico-științifice programate și repartizate pe trei ședințe (trei zile consecutive) corespunzînd celor trei sectoare principale ale institutului : curenți tari, materiale electrotehnice, electronică industrială și amortizări. Expunerile ilustrate de planșe și fotografii au fost urmărite cu viu interes de cei prezenți, ceea ce a reieșit din discuțiile care au urmat după fiecare comunicare.

O parte din comunicări, anume cele cu caracter electrotehnic și care se încadrează în tematica revistei noastre se prezintă sub formă de articole sau de scurte referate în prezentul și în viitorul număr al revistei noastre. O altă parte se va publica sau refera în alte reviste ASIT mai ales în noua revistă „Automatica și electronica". A. A.

СОДЕРЖАНИЕ

Д. К. 621.3 061.6 : 061.3.

Первая сесия научно-технических докладов Института электротехнических исследований и проектирований. (И.К.П.Э.Т.).

Electrotehnica V (1957), 8, стр. 233

Д. К. 621.3 : 061.6.

Stere R.

Роль Института электротехнических исследований и проектироввний в процессе внедрения новой техники в электротехническую и энергетическую промышленность.

Electrotehnica V (1957), 8, стр. 234

Д. К. 621.316.933.3.

Donici S., Mihă scu M.

Вентильные разрядники румынского производства

Elehtrotehn ca V (1957), 8, стр. 237

Описанны вентильные разрядники для напряжений от 6-й до 35-й кв. сконструированые в нашей стране. Употребляемый карборунд также румынского производства. Сравняются результаты полученые на румынских разрядниках с результатами полученными на разрядниках иностранных фирм.

Д. К. 621.375.3.

Şapira S.

Элементы расчета магнитных усилителей.

Electrotehnica V (1957), 8, стр. 246

Излагается графо-аналитический метод для расчета магнитных усилителей. Для этой цели даны экспериментальные кривые намагничевания при различных режимах перемагничевания. Даны ряд графиков позволяющие быстрое проведение расчетов.

Д. К. 621.319.4.027.5 : 621.316.727.

Bercu A.

Вопросы конструирования силовых конденсаторов для напряжения 6,6 кв.

Electrotehn ca V (1957), 8, стр. 252

В статье описанны конденсаторы на 6,6 кв и 15 квар сконструированые в И.К.П.Э.Т-е Приведены характеристики использованых материалов, подробная технология производства и результаты испытаний.

Д. К. 621.317.784.083.722.

Duma M.

Электронный телеваттметр для больших расстояний.

Electrotehnica V (1957), 8, стр. 258

После краткого изложения требований которые должен удовлетворять хороший телеваттметр, описан телеваттметр сконструированный в И.К.П.Э.Т-е., настаивая на технические вопросы связаных с его созданием а именно: использованый метод для преобразования скорости вращения в частоту импульсов, обеспечивание точности и устойчивости электронных схем, влияние применения счетчиков и миллиамперметров на точность.

ЗАМЕТКИ

Д. К. 621.314.4 : 621.317.333.

Aronovici E.

Электронный прибор для определения числа витков и коротких замыканиях в малых обмотках.

Electrotehnica V (1957), 8, стр. 262

РЕФЕРАТЫ, стр. 264
РЕЦЕНЗИИ, стр. 268

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.3 :061.6 :061.3

Die erste technisch-wissenschaftliche Mitteilungssession des Elektrotechnischen Forschungs-und Projektierungsinstitutes

Electrotehnica, V (1957) H. 8, S. 233

DK 621.3 :061.6

Stere R. :

Die Rolle des Elektrotechnischen Forschungs-und Projektierungsinstitutes in der Einführung der neuen Technik in die Elektroindustrie und in die Energiewirtschaft

Electrotehnica, V (1957) H. 8, S. 234

DK 621.316.933.3

Donici S. u. *Mihăescu M.* :

Entlader mit veränderlichem Widerstand die im Lande gebaut wurden

Electrotehnica, V (1957) H. 8, S. 237

Es werden die Entlader mit veränderlichem Widerstand für Spannungen von 6—35 KV beschrieben welche im Lande gebaut wurden. Das verwendete Karborund ist gleichfalls rumänischer Fabrikation. Es werden die Eigenschaften der rumänischen und der ausländischen Entlader miteinander verglichen.

DK 621.375.3

Şapira S. :

Berechnungselemente der magnetischen Verstärker

Electrotehnica, V (1957) H. 8, S. 246

Es wird eine graphisch-analytisches Verfahren zur Berechnung der Magnetverstärker dargestellt. Zu dem Zwecke wurden versuchsweise die Magnetisierungskurven für verschiedene Vormagnetisierungen gezeichnet. Es werden verschiedene Diagramme gezeigt welche eine rasche Durchführung der Berechnungen erlauben.

DK 621.319.4.027.5 :621.316.727

Bercu A. :

Das Problem der Konstruktion von 6,6 KV-Leistungskondensatoren

Electrotehnica, V (1957) H. 8, S. 252

Der Artikel enthält die Beschreibung der bei I.C.P.E.T. gebauten Kondensatoren für 6,6 KV und 15 KVAr. Es werden die Eigenschaften der verwendeten Materialien, die genaue Herstellungstechnologie sowie die Resultate der angestellten Versuche beschrieben.

DK 621.317.784.083.722.

Duma M. :

Telewattmeter für grosse Reichweiten

Electrotehnica, V (1957) H. 8, S. 258

Nach einer kurzen Darstellung der Bedingungen, die ein gutes Telewattmeter erfüllen muss wird das von ICPET gebaute Telewattmeter beschrieben wobei in erster Linie auf die bautechnischen Probleme eingegangen wurde : die benutzte Methode zur Umwandlung der Drehzahl in Frequenzimpulse, die Sicherstellung der Genauigkeit und der Stabilität der elektronischen Schemas, der Einfluss der Verwendung von Zählern und Milliampermetern auf die Genauigkeit u.s.w.

NOTEN

DK 621.314.4 :621.317.333

Aronovici E. :

Elektronischer Apparat zur Feststellung der Windungszahl und der Kurzschlüsse bei kleinen Wicklungen

Electrotehnica, V (1957) H. 8, S. 262

REFERATE, S. 264
CHRONIK, S. 268

SOMMAIRE

CD 621.3 :061.6 :061.3

La première session de communications techno-scientifiques de l'Institut de recherches et projets électrotechniques (ICPET)

Electrotehnica, V (1957) no. 8, p. 233

CD 621.3 :061.6

Stere R.:

Le rôle de l'Institut de recherches et projets électrotechniques dans l'introduction de la nouvelle technique dans l'industrie électrotechnique et énergétique

Electrotehnica, V (1957) no. 8, p. 234

CD 621.316.933.3

Donici S. et *Mihăescu M.*:

Parafoudres à résistance variable construits dans notre pays

Electrotehnica, V (1957) no. 8, p. 237

On décrit les parafoudres à résistance variable pour tensions de 6 à 35 kV de production roumaine avec du carborundum de la même production. On fait une comparaison de ces parafoudres avec ceux de production étrangère.

CD 621. 375.3

Şapira S.:

Les éléments de calcul des amplificateurs magnétiques

Electrotehnica, V (1957) no 8. p. 249

On expose une méthode grapho-analytique pour le calcul des amplificateurs magnétiques. A cette fin on a relevé expérimentalement les courbes de magnétisation pour différents états de prémagnétisation. On y présente des diagrames qui facilitent le calcul.

CD 621.319.4.027.5 :621.316.727

Bercu A.:

Le problème de la construction des condensateurs de puissance pour la tension de 6.6 kV

Electrotehnica, V (1957) no. 8, p. 252

On décrit les condensateurs de 6,6 kV et 15 kVAr construits à l'ICPET. On expose les caractéristiques des matériaux utilisés, les détails de la technologie de fabrication et les résultats des essais.

CD 621.317.784.083.722

Duma M.:

Téléwattmètre électronique pour grandes distances

Electrotehnica, V (1957) no. 8. p. 258

Après un court exposé des conditions requises par un bon téléwattmètre, on décrit le téléwattmètre réalisé à ICPET en insistant sur les problèmes techniques afférents : la traduction de la vitesse de rotation en fréquence des impulsions, la précision et la stabilité des circuits électroniques, l'influence de l'utilisation des compteurs et des milliampèremètres sur la précision etc.

NOTES

CD 621.314.4 :621.317.333

Aronovici E.:

Appareil électronique pour la détermination du nombre des tours et des court-circuits dans les petits bobinages

Electrotehnica. V (1957) no. 8 p. 262

COMPTES—RENDUS, p. 264

CHRONIQUE, p. 268

CONTENTS

DC 621.3 :061.6 :061.3

First session of technical and scientific communications of the Electrotechnical Research and Design Institute

Electrotehnica, V (1957) no. 8, p. 233

DC 621.3 :061.6

Stere R.:

The role of Electrotechnical Research and Design Institute in introducing new technique in the electrotechnical and energetic industry

Electrotehnica, V (1957) no. 8, p. 234

DC 621.316.933.3

Donici S. and *Mihăescu M.*:

Discharging devices with variable resistance built in our country

Electrotehnica, V (1957) no. 8, p. 237

Discharging devices with variable resistance for 6 to 35 kV-tensions carried out in our country are described. The carborundum used is also Roumanian made. The performances of Roumanian discharging devices are compared with those of undertakings from abroad.

DC 621.375.3

Şapira S.:

Computing elements of magnetic amplifiers

Electrotehnica, V (1957) no. 8, p. 246

A graphic-analytical method for calculating magnetic amplifiers is displayed. For this purpose were experimentally traced the magnetizing curves for several premagnetization régimes. A range of diagrams which permit a rapid execution of calculations are given.

DC 621.319.4.027.5 :621.316.727

Bercu A.:

The problem of building power capacitors for 6,6 kV tension

Electrotehnica, V (1957) no, 8. p. 252

The paper contains a description of 6,6 kV and 15 kVAr condenser built at ICPET. The characteristics of the employed materials, the detailed manufacturing technology and the results of achieved tests are exposed.

DC 621.317.784.083.722

Duma M.:

An electrical telewattmeter for long distances

Electrotehnica, V (1957) no. 8 p. 258

After a brief review of requirements which have to be fulfilled by a good telewattmeter, is described the telewattmeter realized at the ICPET stressing especially the technical problems in connexion with its accomplishment i.e.: the method applied for converting the number of revolutions into the pulse frequency, ensuring the accuracy and stability of electronic schemes determining the influence of using meters and milliammeters upon the precision a.s.o.

NOTES

DC 621.314.4 :621.317.333

Aronovici E.:

An electronic apparatus for determining the numbe of spires and short-circuits in little coils

Electrotehnica, V (1957) no. 8, p. 262

ABSTRACTS, p. 264

CHRONICLE, p. 268

Országos Műszaki Könyvtár TULAJDONA

ELECTROTEHNICĂ GENERALĂ CZ 621.3.01.09

Gumowski I. : CZ 621.3.01
Notă asupra realizabilităţii circuitelor electrice. C.R. Acad. Sci. (Paris) 244 (1957) ianuarie, nr. 3, p. 317—319.

Belat F. R : CZ 621.3.011.21
Contribuţie la calculul impedanţei echivalente a unor impedante în paralel. Rev. gen. Electr. 65 (1956) 12, p. 675—6.

Marenesi R. : CZ 621.3.014.2.
Asupra efectului pelicular şi a curenţilor paraziţi în conductoarele cilindrice. Elettrotecnica, 44 (1957) 3, p. 143—154.

Rouche N. : CZ 621.3.01
Analogii electromagnetice şi ecuaţiile Maxwell Lagrange. Bull. Soc. franc. Electr. 7 (1957) 3. p. 181—186

Bogatirev U. M. : CZ 621.3.011.1
Modificarea formulei lui Heaviside. Electricestvo (1957) 2, p. 36—38

Teitlin L. A. : CZ 621.3.014.12 :537.311.
Efectul pelicular în antena cu conductoare de secţiune dreptunghiulară. J. Tehn. Fiz. 26 (1956) 12, p. 2771—2777

MAŞINI ELECTRICE CZ 621.313

Unger F. : CZ 621.313.2 :621.317.2
Calibrarea unei maşini auxiliare. Elektrotechn. Z.—B 9 (1957) 3, p. 75—77.

Kalas Václav. : CZ 621.313.333.1
O metodă interesantă de sincronizare a motoarelor asincrone cu inele în rotor. Elektrotechnik 12 (1957) 9. p. 276—282.

Levintov S. D. : CZ 621.313.2—9
O metodă grafică pentru calculul caracteristicilor mecanice şi a rezistenţelor pentru motoarele de curent continuu. Electricestvo (1957) 1, p. 66—69.

Kluge H. : CZ 621.313.2.017.4
Comportarea rezistenţei periilor de contact, cauză a reducerii timpului de comutaţie. Elektrotechn. u. Maschinenbau 74 (1957) 4, p. 79—83.

Kaye I. şi *Gouse S. W.* jr.: CZ 621.313.223.017.71-9
Analiza termică a unui mic motor de curent continuu. I. Analiza dimensională a proceselor termice şi electrice, combinate. Trans. Amer. Instn. electr. Engrs. III, 75 (1956) p. 1463—1467 = Power Apparatus Syst. 28 (1957).

Kaye I. Gouse S.W. jr. şi *Elgar E. C.* :
CZ 621.313.223.017.71—9
Analiza termică a unui mic motor de curent continuu. II. Studiul experimental al distribuţiei staţionare de temperaturi în motorul de c.c. în corelaţie cu analiza dimensională. Trans. Amer. Instn. electr. Engrs. III, 75 (1956) p. 1478—1486 = Power Apparatus Syst. 28 (1957).

Hak I. : CZ 621313.3 :621.3.017.7
Rezistenţa termică internă axială a unei maşini electrice. Arch. Elektrotechn. 43 (1957) 1, p. 58—76.

Strahov S. V. : CZ 621.313.32 :621 .3.018.3
Influenţa armonicii doi asupra analizei inductanţei proprii şi mutuale a statorului şi asupra structurii ecuaţiilor procesului tranzitoriu ale maşinii sincrone Doc. Nauc. U.R.S.S. 112 (1957). p. 58—61.

TRANSFORMATOARE ELECTRICE CZ 621.314.1/3

Specht T.R. şi *Albright W. D.* CZ621.314.2 :621.317.338.8
Efectul încercării la impuls a transformatoarelor cu pierderi în fier . Trans. Amer. Instn. electr. Engrs. III. 75 (1956) p. 1275—1279 = Power Apparatus Syst. 28 (1957).

Blagonadejdin V. M. şi *Tirulnic Ia. V.* :
CZ 621.314.21 :621.315.61
Uscarea izolaţiei cu radiaţii infraroşii. Electr. Stanţii (1957) 1, p. 53—55.

Enault Y. şi *Traiteur R.* : CZ 621.314.212 :621.315.615
Influenţa umidităţii asupra străpungerii electrice a uleiului de transformator şi a materialelor izolante Rev. gen. Electr. 66 (1957) 2, p. 79—84.

REDRESOARE ŞI TRANSISTOARE CZ 621.314.617

Mathews P. : CZ 621.314.6 :621.3.014.1
O notaţie semi-algebrică pentru intensitatea curentului în circuitele redresoare. Bull. electr. Engng. Educ. (1956) 17, p. 66—78.

Tovey M. H. : CZ 621.314.6
Redresoare de putere. Electr. Rev. 160 (1957) 17, p. 779—785.

Dällenbach W. : CZ 621.314.6
Relaţiile dintre tensiune şi curent în redresoarele trifazate conectate în punte Graetz. Elettrotecnica, 44 (1957) 3. p. 132—142

Winiger F. : CZ 621.314.7 :621.315.59
Principii fundamentale despre semiconductoare şi transistoare. Bull. Assoc. Suisse. Electr. 47 (1956) 21, p. 953—964.

TRANSMISIUNEA ENERGIEI ELECTRICE CZ 621.315

Rudolph W. : CZ 621.315.1.015.532
Legi şi limitări în dimensionarea de foarte înaltă tensiune. Osterr. Z. Elektr. Wirtsch. 9 (1956) 10, p. 496—501, (1956) 11, p. 520—524.

Alecsandrov G. N. CZ 621.315.14 :621.3.015.53
Stadiul iniţial al efectului Corona negativ pentru vîrful ascuţit. J. Tehn. Fiz. 26 (1956) 12, p. 2633—2639.

Alecsandrov G. N. : CZ 621.315.14 :621.3.015.532
Condiţiile fizice de producere a efectului Corona în c.c. la conductoare subţiri. J. Tehn. Fiz. 26 (1956) 12,p. 2640—2651

CABLURI ELECTRICE CZ 621.315.2/3

Malkin Ch. R. : CZ 621.315.211
Construcţii moderne ale cablurilor de înaltă tensiune din străinătate. Electricestvo (1957) 2, p. 64—71

CONDUCTOARE ELECTRICE CZ 621.315.5

Valta E. : CZ 621.315.5 :621.3.014.32
Formule pentru calculul forţelor şi cuplurilor dintre barele parcurse de curenţi. Energia elettr. 34 (1957) 1, p. 34—51

Kuhrt F. şi *Hartel W.* : CZ 621.315.59 :621.372.5
Generator cu efect Hall considerat drept cuadripol. Arch. Elektrotechn. 43 (1957) 1, p. 1—15.

Mayewski Z. : CZ 621.315.592.2
Germaniul şi siliconul. Przeglad. elektrotechn. 31 (1955) 10—11, p. 717—728.

MATERIALE IZOLANTE CZ 621.315.61/62

Franz H. I. CZ 621.315.61
Calculul duratei de viaţă a materialelor izolante supuse îmbătrînirii prin temperaturi constante sau variabile. Elektrotechn. Z.—A. 78 (1957) 4, p. 156—161

REZISTOARE CZ 621.316.8

Semkowicz A. : CZ 621.316.84 :621.365.4
Materiale rezistente pentru elemente încălzitoare. Przeglad elektrotechn. 31 (1955) 10—11, p. 561—566.

MĂSURI ELECTRICE CZ 621.317

Kolin Ia.S. : CZ 621.317.333
Cîteva probleme în legătură cu încercarea generatoarelor. Electr. Stanţii (1956) 12, p. 25—28

Pilşicov A. I. : CZ 621.317.41 :538.083.9
Metodă pentru determinarea permeabilităţii substanţelor în regiunea de rezonanţă feromagnetică. Vestnic. Moscov. Univ. (1956) 5, p. 49—54.

Lei 5

L 2040
REFERÁLVA
R
KAT
Institut. de Documentare Tehnică
BUCUREȘTI
OBMEH - CBJIRE
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - CMEHA

ELECTROTEHNICA

Országos Műszaki
Könyvtár
TULAJDONA

9

Electrotehnica Anul V Nr. 9 septembrie 1957

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU, prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, prof. dr. ing. A. AVRAMESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R. (redactor responsabil), ing. V. BUNEA, laureat al Premiului de Stat, prof. dr. ing. V. CORLĂȚEANU, conf. ing D. DAMSKER, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. ST. GROSU, conf. ing. GH. HORTOPAN, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. G. LAZARIDE, prof. dr. ing. R. RĂDULEȚ, membru corespondent al Academiei R.P.R. laureat al Premiului de Stat.

Recomandări privind întocmirea articolelor tehnico-științifice

1. *Lucrări ce pot fi prezentate spre publicare sînt: de importanță generală, tehnico-științifice speciale, teoretice sau experimentale și tehnice obișnuite.*
2. *Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învățămînt, producție, este condiția esențială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuție trebuie să se refere la probleme noi și actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde considerații privind eficiența economică a soluțiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.*
3. *Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.*
4. *Lucrări care au mai fost publicate integral sau parțial, nu pot fi trimise redacției spre publicare*
5. *Un scurt rezumat fixînd premizele de la care s-a pornit, problema studiată și cadrul în care este tratată, nedepășind 6—8 rînduri, se va anexa lucrării.*
6. *În introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei și în preocupările producției; de asemenea se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuția autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permițînd inteligibilitatea fără dificultăți a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstrații voluminoase; de asemenea se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată, sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.*
7. *Concluziile vor concentra rezultatele obținute cu indicarea limitei de valabilitate și aplicațiilor posibile.*
8. *Anexele pot cuprinde demonstrații originale sau absolut necesare înțelegerii formulelor din text; de asemenea în anexe se pot da exemple de calcul.*
9. *Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmațiile luate din alte lucrări și care nu sînt în general cunoscute.*
10. *Nivelul articolelor va fi înalt.*
11. *Dezvoltările matematice vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului. Pentru demonstrații se vor alcătui anexe.*
12. *Se recomandă o atenție deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele rusești, romane, grecești, germane etc.*
13. *Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît și figuri sau tabele) speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale. Pentru cărți: numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet (eventual și tradus în paranteză), ediția, editorul, locul editării, anul. Pentru articole: numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus în paranteze), revista tomul, anul, numărul, paginile.*
14. *Scrisul la mașină al articolelor este recomandat cu insistență exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură față, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.*
15. *Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicații.*
16. *Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. În notă se vor indica: titluri academice, funcțiuni, localitatea și adresa domiciliului, număr de telefon.*
17. *Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora de publicare.*
18. *Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 ore de la primire. Nu se admit modificări esențiale față de manuscris, în care caz ele cad în sarcina autorului.*

Revista „Electrotehnica", organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Grele Editor: Asociația Științifică a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. Redacția: București, Str. Ion Gnica nr. 3, telefon 3 57 28 — 3 07 30. Administrația și Casieria: București, Cal. Victoriei 118, telefon 4 06 24. Redacția își rezervă toate drepturile privind lucrările precum și materialul grafic-ilustrativ apărut în revistă cît și cele privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase, referate sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei. Revista apare lunar. Abonamentul anual: pentru întreprinderi lei 96 individual lei 30. Prețul unui exemplar: lei 5. Abonamentele se primesc la sediile administrației sau redacției sus indicate. Tiparul: Întreprinderea Poligrafică nr. 3. București.

ELECTROTEHNICA

Anul V Nr. 9 septembrie 1957

S U M A R

CZ 621.314.634

Mozes Gh., Cosăceanu L. şi Ţenescu E. :

Fabricarea celulelor redresoare cu seleniu

Electrotehnica, V (1957) nr. 9, p. 269

Se prezintă, pe scurt, concepţiile actuale asupra fenomenelor care au loc la fabricarea şi funcţionarea celulelor cu seleniu. Se discută metodele industriale pentru fabricarea celulelor şi se descriu unele aspecte ale lucrărilor efectuate pentru stabilirea procesului tehnologic de purificare a seleniului şi de fabricare a celulelor redresoare. Se prezintă performanţele realizate.

CZ 621.315.612.2

Nicolae M. şi Marcus B. :

Porţelan electrotehnic cu materii prime din ţară.

Electrotehnica, V (1957) nr. 9, p. 281

Lucrarea prezintă rezultatele unui studiu îndelungat executat în ICPET, în vederea îmbunătăţirii calităţii porţelanului de izolatoare fabricat în ţară. În concluzie, se vede că materiile prime existente în ţară permit realizarea unui material cu calităţi superioare, care asigură o izolaţie perfectă.

CZ 621.352.32

Barosu, M. şi Diaconu L. :

Fabricarea bateriilor anodice plate de tipul Zn-MnO_2

Electrotehnica, V (1957) nr. 9, p. 284

Autorii prezintă sumar tehnologia fabricării bateriilor alcătuite din elemente de tipul zinc-bioxid de mangan de formă paralelipipedică, care au în general un volum redus şi un consum de zinc redus faţă de bateriile de elemente cilindrice obişnuite. În articol sînt prezentate caracteristicile cîtorva modele de baterii realizate la ICPET.

CZ 621.318.322

Ivaşcu V. şi Tanach V. :

Materiale magnetice moi pe bază de ferite

Electrotehnica, V (1957) nr. 9, p. 290

Articolul conţine o prezentare sintetică a proprietăţilor magnetice ale feritelor utilizate ca materiale magnetice moi. Sînt explicate fenomenele fizice care au loc în ferite, în lumina celor mai noi teorii.

CZ 621.315.615.2

Mozes Gh. şi Cosăceanu L. :

Studiul stabilităţii uleiului de transformator

Electrotehnica, V (1957) nr. 9, p. 299

Se prezintă argumentele teoretice şi economice care pledează în favoarea utilizării antioxidanţilor la uleiul de transformator. Se prezintă succint studiile efectuate asupra eficacităţii a doi antioxidanţi, preparaţi în laborator.

REFERATE, p. 304

RECENZII, p. 307

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ȘI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI GRELE

Anul V Nr. 9 București, septembrie 1957

Országos Műszaki Könyvtár TULAJDONA

Fabricarea celulelor redresoare cu seleniu

GHEORGHE MOZES, LIDIA COSĂCEANU și *ELENA ȚENESCU* – București*).

Avantajele pe care le prezintă celulele redresoare cu seleniu în anumite domenii de curent și tensiune față de alte surse de curent continuu determină larga lor utilizare. Autorii prezintă sumar interpretarea actuală a fenomenelor care au loc la fabricarea și funcționarea celulelor redresoare cu seleniu precum și unele aspecte ale studiilor efectuate la ICPET pentru stabilirea procesului tehnologic de fabricație. In articol sînt prezentate caracteristicile celulelor realizate.

CZ 621.314.634

Utilizarea redresoarelor cu seleniu a cunoscut în ultimii 20 de ani o dezvoltare continuă: construcția simplă, randamentul peste 90%, prețul de cost scăzut, durata de funcționare mare și întreținerea simplă, sînt avantaje care au determinat ca în foarte multe cazuri, redresoarele cu seleniu să înlocuiască grupurile convertizoare, tuburile electronice și redresoarele cu mercur.

În ultima perioadă, care se remarcă prin uriașa dezvoltare a diodelor și redresoarelor cu germaniu și siliciu, seleniul își păstrează poziția în privința cantității și producția de plăci crește în fiecare an.

Ușurința cu care seleniul se pretează la producție de mare serie și progresele realizate în privința performanțelor determină ca preocuparea pentru studiul și producția plăcilor cu seleniu să se mențină și în viitor.

Industria electrotehnică din țara noastră utilizează anual cantități însemnate de plăci redresoare cu seleniu, dar datorită greutăților de procurare din import, nu se poate asigura decît parțial necesarul actual de celule și astfel este frînată fabricația mai multor produse.

Problema fabricării plăcilor redresoare a fost pusă pentru a acoperi acest deficit, mai ales ținînd seamă de faptul că dispunem de resurse de seleniu care pot acoperi consumul intern.

Fabricarea redresoarelor cu seleniu ridică două probleme strîns legate una de alta: obținerea seleniului pur și tehnologia fabricării plăcilor redresoare.

Obținerea seleniului pur

Ca sursă principală de materie primă s-a luat în considerare seleniul extras din nămolul anodic de la rafinarea cuprului cu un conținut de seleniu cuprins între 90—99% și seleniu de import, aproximativ de aceeași puritate.

Deși rezervele de seleniu din țara noastră nu sînt prea bogate, totuși la o recuperare complexă a seleniului din toate subprodusele selenifere de la prelucrarea piritelor, se poate asigura producția de 1 000—1 500 kg seleniu pur, ținînd seamă de faptul că numai piritele prelucrate anual la Baia Mare conțin 2 000 kg de seleniu.

Pornind de la aceste materii prime, care conțin o gamă largă de impurități (As, S, Sb, Sn, Bi, Cu, Fe, Te, Mn etc.) s-a studiat obținerea seleniului spectral pur.

Pentru alegerea metodei optime, s-au studiat mai multe metode, reprezentate sumar, în schemele ce urmează, și anume: distilarea sub vid, metoda alcalino-reducătoare, sulfitociclică, metoda cu acid azotic și bioxid de sulf.

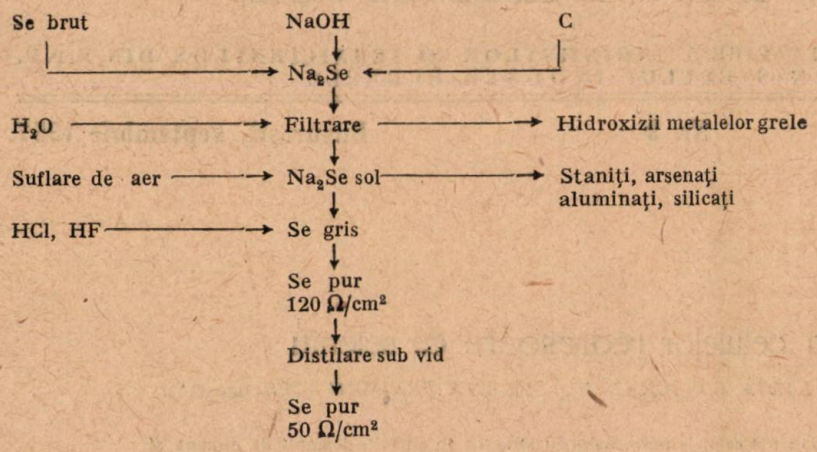
Din metodele descrise mai sus, cele mai bune rezultate s-au obținut cu metoda $HNO_3—SO_2$. Seleniul obținut a fost spectral pur, iar plăcile redresoare au avut o rezistență în sens de trecere la 1 V cuprins între 11—17 Ω/cm^2 față de 50—250 Ω/cm^2 obținut cu seleniu purificat prin celelalte metode.

Explicația faptului că rezultatele cele mai bune s-au obținut cu metoda $HNO_3—SO_2$ se poate atribui faptului că în acest caz operația principală de purificare se face în stare de vapori, între tensiunile de vapori ale bioxidului de seleniu și ale impurităților existînd o diferență suficient de mare, spre deosebire de celelalte două metode la care purificarea se face în soluție, și la precipitarea seleniului se antrenează o gamă largă de impurități.

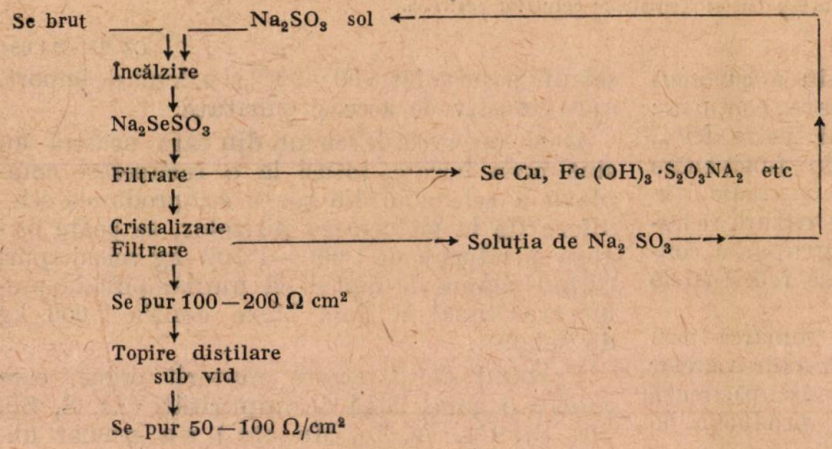
Pe baza rezultatelor favorabile obținute s-a verificat reproductibilitatea metodei într-o instalație pilot și s-au stabilit parametrii procesului tehnologic.

*) Chimist diplomat *Gheorghe Mozes* este șef de laborator la I.C.P.E.T., *Lidia Cosăceanu* este ingineră la fabrica Electrotehnica Ing. *Elena Țenescu* este cercetătoare la I.C.P.E.T.

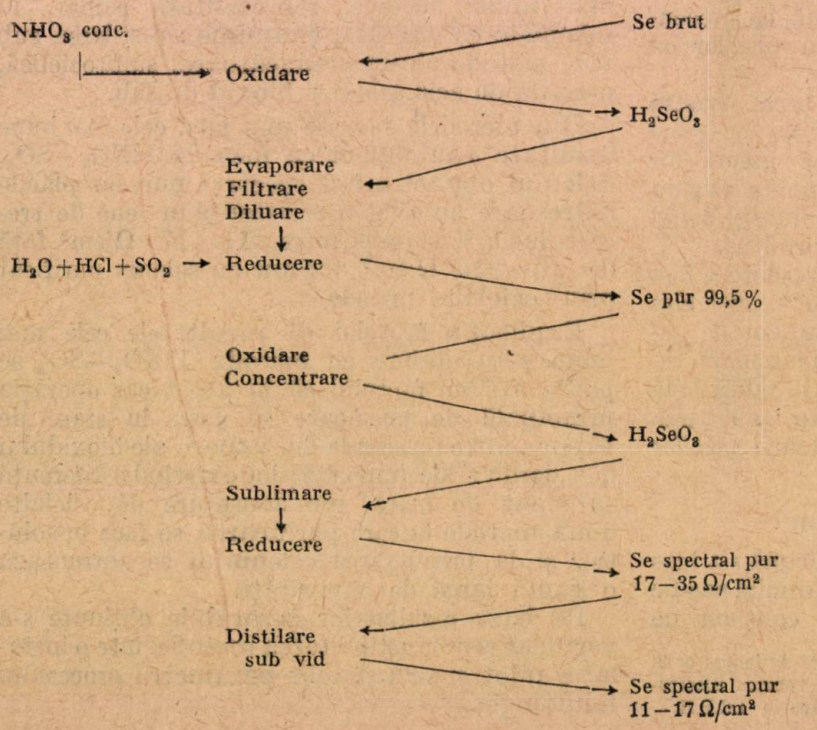
Schema 1. **Metoda alcalino reducătoare**



Schema 2. **Metoda sulfitociclică**



Schema 3. **Metoda acid azotic bioxid de sulf**



Fabricarea plăcilor redresoare

Faza următoare în fabricarea redresoarelor cu seleniu este obținerea plăcilor propriu-zise.

Plăcile redresoare cu seleniu se compun din următoarele elemente:

1) placă de bază din Fe sau Al;
2) peliculă de Ni sau Bi;
3) strat neredresor de Se_2Ni sau Bi_2Se_3;
4) strat de seleniu;
5) strat de blocaj;
6) contraelectrod.

Explicarea fenomenului de redresare la plăci cu seleniu a for-

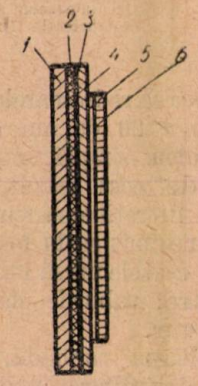


Fig. 1. Schema celulei redresoare cu seleniu;
1 — placă de bază; 2 — peliculă de Ni sau Bi; 3 — strat neredresor de Se_2Ni sau Bi_2Se_3; 4 — strat de Se; 5 — strat de baraj; 6 — contraelectrod.

mat obiectul unor studii numeroase dar nici una din ipotezele emise nu a fost confirmată cantitativ.

Dificultățile constă în structura policristalină a seleniului în redresoarele tehnice și în faptul că formarea cristalelor de seleniu are loc din seleniul amorf compus din molecule ciclice sau filiforme cu mobilitate redusă, ceea ce determină apariția tensiunilor interne în cristalul format și menținerea unor zone cu o structură amorfă.

Datorită acestor dificultăți în explicarea fenomenelor care au loc în redresoare cu seleniu, stabilirea procesului tehnologic de fabricare comportă încă multe aspecte empirice.

Totuși, stadiul actual de dezvoltare a teoriei în privința mecanismului de conductibilitate și de blocare, cu toate

lacunele şi incertitudinile, permite interpretarea fenomenelor care apar la elaborarea procesului tehnologic.

În redresoare, seleniul se găseşte cristalizat în sistemul exagonal, atomii de seleniu fiind aşezaţi pe spirale cu axe paralele formînd axa de simetrie cristalografică c.

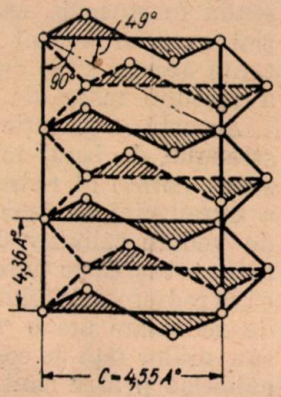


Fig. 2. Structura cristalină a seleniului exagonal.

Lanţurile de atomi în seleniul policristalin formează molecule cu dimensiuni finite la capetele cărora apar sarcini necompensate, pozitive (găuri, lacune).

Ruperea lanţurilor macromoleculare de seleniu amorf este catalizată de prezenţa halogenilor care după unii autori pot intra în compoziţia moleculei de seleniu.

Seleniul pur, cu o structură cristalină perfectă, are o conductibilitate foarte mică din cauza că zona interzisă este de 0,80 eV, şi

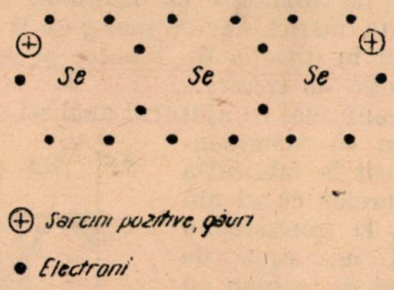


Fig. 3. Structura stratului de valenţă în seleniu policristalin.

astfel trecerea electronilor din zona complet ocupată în cea liberă nu poate fi excitată termic decît într-o măsură neînsemnată la temperatura normală de lucru.

Nivelele energetice ale sarcinilor necompensate şi ale impurităţilor nemetalice în

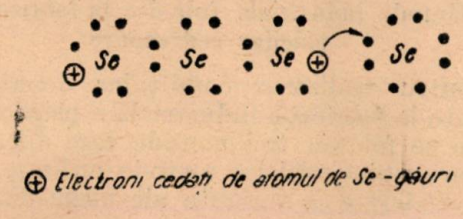


Fig. 4. Structura stratului de valenţă a seleniului policristalin.

structura seleniului pentru redresoare se situează la o distanţă mai mică de 0,15 eV — de zona completată a reţelei de bază formînd nivelul acceptorilor care determină creşterea conductibilităţii seleniului policristalin cu conţinut de adaos faţă de seleniul pur monocristalin a cărui rezistivitate este de $10^5 - 10^6$ Ω cm.

Creşterea conductibilităţii stratului de seleniu în redresoare este favorizată de numărul de defecte în structura cristalină şi excesul de concentraţie a impurităţilor acceptoare faţă de cele donoare, iar pe de altă parte de mărimea mobilităţii purtătorilor de sarcină care este cu atît mai mare cu cît structura cristalină este mai perfectă.

În timp ce caracteristica curentului în sensul de trecere este determinată de rezistenţa de volum a seleniului, trecerea curentului în sensul de blocare este practic neinfluenţată de rezistenţa de volum, fiind determinată de rezistenţa

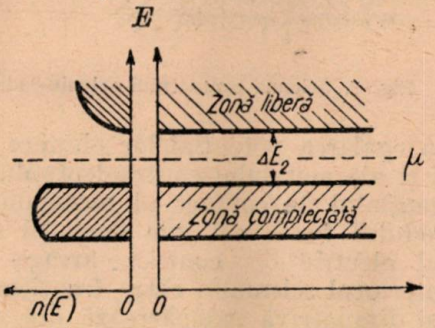


Fig. 5. Schema nivelelor energetice ale electronilor în cristalul de seleniu.

de sute de ori mai mare a stratului de blocaj ce apare la contactul dintre seleniu şi contraelectrod. La contactul unui semiconductor cu un metal pentru asigurarea echilibrului termodinamic este necesară egalizarea potenţialelor lor chimice.

La metalul contraelectrodului (cadmiu) nivelul potenţialului chimic coincide cu limita

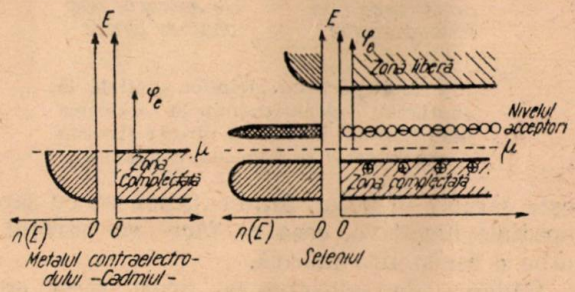


Fig. 6. Structura electronică a cadmiului şi a seleniului cu impurităţi acceptoase (lucrul de ieşire al electronilor).

distribuţiei lui Fermi iar lucrul de ieşire al electronilor este mai mic decît lucrul de ieşire al electronilor din seleniu.

La contactul seleniului cu metalul contraelectrodului pentru stabilirea echilibrului, potenţialele lor chimice trebuind să coincidă, se creează la suprafaţa lor de separare o diferenţă de potenţial de contact şi, deci, un cîmp electric de contact.

Datorită concentraţiei mici a electronilor liberi în seleniu diferenţa de potenţial de contact nu poate fi compensată de către sarcinile

de pe suprafaţa de contact, cîmpul electric pătrunde în adîncime în seleniu unde se produce acumularea unei sarcini spaţiale suficientă

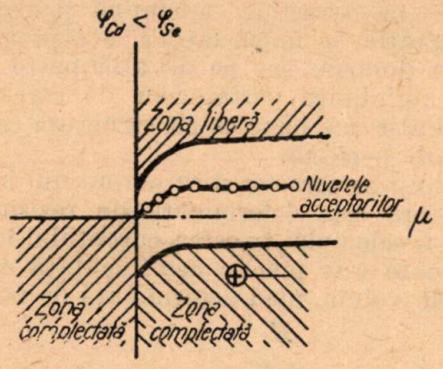


Fig. 7. Schema contactului seleniu-cadmiu.

pentru egalarea potenţialelor chimice ale seleniului şi ale metalului contraelectrodului.

Potenţialul de contact al metalului contraelectrodului fiind mai mic decît al seleniului cîmpul electric de contact atrage electroni din interiorul seleniului către frontiera de contact şi dimpotrivă îndepărtează din strat golurile. De aceea, stratul de seleniu din vecinătatea contactului cu metalul contraelectrodului

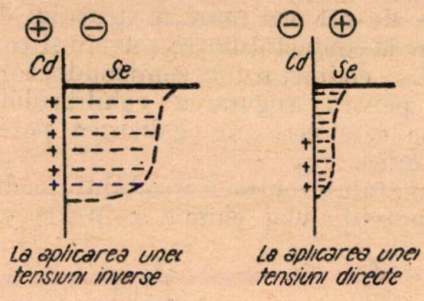


Fig. 8. Repartiţia sarcinilor spaţiale la contactul seleniu cadmiu la aplicarea unei tensiuni inverse şi directe (în sens neconductor şi respectiv conductor).

este sărăcit în goluri fiind compensat cu sarcini spaţiale negative, ceea ce face ca stratul să aibe o rezistenţă mărită.

Căderea de tensiune pe acest strat creşte în comparaţie cu restul grosimii semiconductorului.

Potenţialul de contact al seleniului şi nichelului avînd valori foarte apropiate la contactul dintre seleniu şi placa de bază nu apare o diferenţă de potenţial de contact, deci nici sarcina spaţială şi strat cu rezistenţă mărită, astfel încît contactul între placa suport şi seleniu este neredresor.

La aplicarea unei tensiuni exterioare cu polaritate pozitivă pe contraelectrod şi negativă pe fier — placa de bază — cîmpul exterior astfel creat intensifică cîmpul de contact ceea ce face ca grosimea stratului cu rezistenţă mare să crească apărînd efectul de baraj.

La schimbarea polarităţii tensiunii exterioare aplicate, cîmpul creat astfel este de semn opus cîmpului de contact ceea ce face ca grosimea stratului cu rezistenţă mare să scadă foarte mult, iar la o diferenţă de potenţial exterior aplicat suficient de mare, rezistenţa acestui strat devine aproape egală cu cea a restului masei de seleniu.

Această explicaţie a asimetriei rezistenţei stratului de baraj format, deşi conduce la un semn corect al redresării şi dă o dependenţă a curentului de tensiune apropiată din punct de vedere calitativ de cea observată în realitate, totuşi ea nu putea justifica care este cauza că în redresoarele tehnice cu seleniu coeficientul de redresare are o valoare de ordinul sutelor sau miilor faţă de coeficientul de cîteva unităţi calculat pentru contactul seleniu-cadmiu.

De aceea s-a emis ipoteza că coeficientul de redresare ridicat apare nu la frontiera seleniului cu cadmiul ci la frontiera seleniului cu seleniura de cadmiu care este un semiconductor cu conductibilitatea electronică al cărui potenţial de contact este mai mic decît al seleniului.

Ca şi la frontiera cu cadmiul, stratul cu rezistenţa mărită devine mai gros la aplicarea tensiunii în direcţia de blocare şi se subţiază în direcţia de trecere.

S-a confirmat cu ajutorul analizei structurale Röntgen că tratamentul folosit la fabricaţia redresoarelor cu seleniu creează la frontiera cu seleniul un strat de seleniură de cadmiu cu conductibilitate electronică „strat de baraj chimic". În prezenţa unui asemenea strat rezistenţa şi redresarea încetează să mai depindă de potenţialul de contact al contraelectrodului de cadmiu şi depinde de potenţialul de contact al seleniurii de cadmiu.

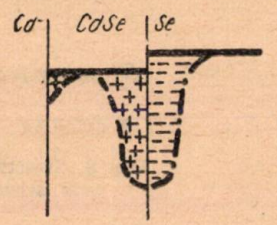


Fig. 9. Repartiţia sarcinilor spaţiale la contactul Se-SeCd.

Metode industriale folosite la fabricarea plăcilor redresoare

Pentru realizarea condiţiilor descrise mai înainte la fabricaţia industrială a plăcilor redresoare se folosesc trei metode care diferă între ele principial, celelalte metode utilizate putînd fi considerate ca variante ale uneia dintre metodele de bază.

Aceste trei metode de bază sînt:

a) depunerea seleniului prin topire şi cristalizarea sub presiune de 5—15 kg/cm²;

b) depunerea seleniului prin aplicarea presiunii de ordinul 50—150 kg/cm² la 150°C;

c) depunerea seleniului prin evaporare sub vid.

Procedeele de mai sus diferă între ele prin felul în care are loc depunerea stratului de seleniu

pe placa suport şi prin mecanismul cristalizării stratului de seleniu.

În cazul depunerii seleniului prin topire, în prima fază se realizează contactul neredresor între placa suport şi stratul de seleniu. Pentru acest scop, corespunde cel mai bine nichelul ca placă de bază deoarece stratul de seleniură de nichel care se formează are rezistenţa de trecere minimă şi totodată formarea stratului de Se_2Ni are loc la o temperatură convenabilă din punctul de vedere al tensiunii superficiale a seleniului topit ceea ce favorizează întinderea uniformă a seleniului.

Formarea stratului de seleniură de nichel are loc în condiţii optime în jurul temperaturii de 350°.

La răcire, seleniul topit se solidifică în modificaţia amorfă metastabilă la temperatura normală, atomii de seleniu formînd molecule filiforme sau ciclice.

A doua fază la acest procedeu este cristalizarea seleniului.

După cum s-a arătat mai înainte pentru a obţine un strat bun conducător, seleniul cristalizat în sistemul exagonal trebuie să fie orientat cît mai uniform, cu axa *c* paralelă cu placa de bază. Deoarece în reţeaua exagonală atomii de seleniu sînt aşezaţi pe spirale paralele cu axa de simetrie *c* formînd molecule filiforme presiunea aplicată la cristalizare favorizează orientarea cristalelor cu axa *c* perpendicular pe direcţia de presare şi paralel cu placa suport, deoarece în acest caz energia sistemului este minimă.

La aplicarea temperaturii atunci cînd cantitatea de căldură atinge valoarea necesară ruperii legăturilor în moleculele de seleniu amorf, începe procesul de cristalizare a seleniului. Se pare că unul din rolurile adaosului de halogen este coborîrea energiei de activare la acest proces de cracare termică.

Procesul de cristalizare începe la suprafaţa seleniului, deoarece în acest loc tensiunile interne în moleculele de seleniu amorf sînt cele mai accentuate, iar cristalele care se formează după cum s-a arătat mai înainte — se orientează preferenţial cu axa *c* perpendicular pe direcţia de presare.

Alegerea temperaturii şi presiunii trebuie făcută astfel ca să favorizeze dezvoltarea cît mai uniformă a reţelei cristaline, păstrînd orientarea preferenţială. De obicei temperatura este menţinută la 100—150°, iar presiunea la 5—15 kg/cm², durata cristalizării fiind în aceste condiţii cca 5—6 ore.

Totuşi, această orientare nu este exclusivă, fiind cunoscută tendinţa cristalelor de seleniu de a forma creşteri epitaxiale, în care axa *c* a ramificaţiilor formează un unghi de 90 sau 49° cu axa *c* a cristalului principal (fig. 2).

O altă sursă de neregularităţi în orientarea cristalelor se datoreşte formării cristalelor în masa de seleniu amorf, în jurul germenilor de cristalizare, orientarea acestor cristale fiind uneori diferită de orientarea cristalelor formate la suprafaţa stratului de seleniu.

Una din deficienţele principale ale acestui procedeu de fabricaţie constă tocmai în greutatea de a obţine o structură perfect orientată.

Faza următoare în procesul tehnologic constă în tratamentul termic al plăcilor la temperaturi apropiate de punctul de topire a seleniului. La această temperatură mobilitatea atomilor în reţeaua cristalină fiind maximă, are loc o desăvîrşire a structurii cristaline şi resorbţia tensiunilor interne din cristal, ceea ce duce la o structură mai compactă şi conductibilitate mărită.

După tratamentul termic, stratul de seleniu se acoperă prin schopperizare cu un aliaj cu punctul de topire inferior punctului de topire a seleniului. În mod obişnuit pentru acest scop se utilizează aliaje de Cd—Sn sau Cd—Sn—Bi.

Aliajul de metalizare are două roluri în funcţionarea redresoarelor: formează faţă de placa suport un al doilea electrod iar Cd din aliaj contribuie la formarea stratului semiconductor CdSe cu conductibilitate electronică realizînd astfel o joncţiune *p-n* între stratul de seleniu şi CdSe.

Reacţia între Se şi Cd are loc în cursul procesului de electroformare, datorit pe de o parte căldurii degajate la trecerea curentului în sensul de blocare, pe de altă parte datorit difuziei ionilor de Cd^{2+} în seleniu sub acţiunea cîmpului electric.

Cu această tehnologie se pot realiza plăci cu suprafaţă pînă la 100 cm², densitate de curent 25 mA/cm² şi tensiune inversă 20—25 V_{ef}.

Un alt procedeu tehnologic utilizat se bazează pe realizarea concomitentă a acolizării stratului de seleniu cu placa suport şi cristalizarea seleniului. În acest scop, seleniul depus pe suport sub formă de praf se presează cu o presiune de ordinul 50—150 kg/cm² cu un poanson încălzit la 100 — 150°C. În aceste condiţii după ½ — 2 minute se obţine un strat de seleniu cristalizat în sistemul exagonal şi astfel se elimină operaţia de cristalizare de lungă durată, necesară în procedeul descris mai înainte, plăcile obţinute fiind supuse direct tratamentului termic, metalizării şi electroformării.

Spre deosebire de procedeul descris mai înainte la care operaţia de cristalizare durează pînă la 6 ore şi are loc progresiv de la suprafaţă spre interior, la procedeul cu presiune mare, cristalizarea trebuie să decurgă într-un interval foarte scurt şi astfel procesul de cristalizare trebuie să pornească concomitent în toată masa de seleniu. În acest scop, praful de seleniu utilizat este supus unui tratament care creează tensiuni în macromoleculele de seleniu amorf, tensiuni care în condiţiile de lucru — temperatură şi

presiune — facilitează formarea germenilor de cristalizare în masa de seleniu.

Fenomenele care trebuie să aibă loc în decursul presării trebuie să decurgă în următoarea succesiune: înmuierea seleniului amorf sub acțiunea temperaturii, omogenizarea stratului plastic de seleniu amorf sub acțiunea temperaturii și presiunii și cristalizarea completă a masei de seleniu, păstrînd o anumită orientare a cristalelor. Dificultățile care apar la realizarea acestei succesiuni au determinat ca procedeul să fie limitat la celule de dimensiuni mici, cu suprafața eficace de 3—6 cm². Caracteristicile plăcilor obținute cu această metodă nu diferă de cele obținute prin procedeul de depunere prin topire.

Un procedeu mai nou care diferă esențial de primele două descrise mai înainte, atît în privința tehnologiei cît și în privința rezultatelor obținute se bazează pe depunerea seleniului pe placa suport prin evaporare sub vid.

Avantajele principale ale procedeului de depunere prin evaporare sub vid se datoresc posibilității de a orienta uniform cristalele, de a regla dimensiunile lor și de a obține o structură compactă, cu rezistență de trecere minimă între cristalitate.

Spre deosebire de primele două metode descrise mai înainte, la depunerea sub vid creșterea cristalelor se face succesiv pe seama vaporilor de seleniu și astfel determinînd exact condițiile în care orientarea axei c are loc paralel cu placa suport întregul strat de seleniu se va depune astfel orientat.

Deoarece prin depunere sub vid se obține direct seleniu cristalizat, ca și în cazul depunerii la presiune înaltă, plăcile obținute se supun tratamentului termic, metalizării și electroformării. Cu acest procedeu se pot fabrica plăci de dimensiuni mari care se pot tăia prin stanțare la orice dimensiune.

Plăcile fabricate cu acest procedeu se caracterizează printr-o conductibilitate mare în sensul de trecere, tensiune inversă peste 35 V_{ef}, stabilitate și uniformitate mare.

În prezent, cele trei metode descrise sînt aplicate industrial în diferite țări dar se observă tendința de a adopta metoda depunerii sub vid. Pentru alegerea metodei care corespunde cel mai bine pentru condițiile noastre, s-a ținut seama de următoarele considerente:

— Metoda depunerii la presiune mare, deși este avantajoasă din punctul de vedere al productivității, este aplicabilă numai pentru celule mici în timp ce în condițiile actuale industria noastră necesită mai ales plăci de dimensiuni mari.

— Metoda depunerii sub vid este aplicabilă pentru orice dimensiuni și permite realizarea unor performanțe superioare, dar necesită importarea utilajului de vid.

— Metoda depunerii prin topire este aplicabilă pentru plăci cu suprafață pînă la 100 cm² nu necesită investiții deosebite și import de utilaje, iar performanțele care se pot realiza, nu sînt inferioare față de cele obținute la depunere cu presiune înaltă.

Pe baza acestor considerente, în prima etapă s-a elaborat procedeul pentru depunerea seleniului prin topire și s-a studiat depunerea sub vid, urmînd ca această metodă să fie aplicată pe măsura în care se va obține utilaj de import.

În acest articol se prezintă o parte din lucrările efectuate pentru stabilirea procesului tehnologic și rezultatele obținute cu metoda depunerii prin topire, metoda depunerii prin evaporare sub vid făcînd obiectul unui articol separat.

Stabilirea parametrilor procesului tehnologic

Pentru stabilirea valorilor optime ale parametrilor procesului tehnologic s-a studiat influența diferiților factori care determină caracteristicile plăcilor, și anume:

— depunerea seleniului;
— cristalizarea seleniului;
— tratamentul termic;
— metalizare;
— electroformare.

Ca placă suport s-a folosit fierul nichelat, depunerea seleniului făcîndu-se prin topire pe placa încălzită la temperaturi cuprinse între 330 și 380°C.

O primă condiție la depunerea seleniului este tratamentul plăcilor suport care condiționează formarea stratului de seleniură de nichel, aderența seleniului la placa suport și influențează valoarea conductibilității în sensul de trecere după cum rezultă din tabela 1 și fig. 10.

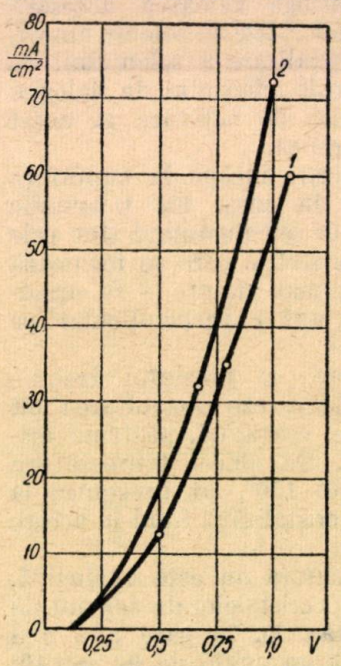


Fig. 10. Efectul tratamentului plăcii suport asupra curentului direct:
1 — fără tratament; 2 — cu tratament.

Seleniul amorf depus prin topire trebuie transformat într-un strat cristalin omogen. Seleniul amorf este nestabil la orice temperatură, trecerea în starea cristalină exagonală începe vizibil la 60—70°C și decurge cu viteza maximă în domeniul cuprins între 90 și 190°C, cristalizarea fiind un proces puternic exoterm.

Temperatura de cristalizare trebuie aleasă în așa fel încît ridi-

carea temperaturii datorită căldurii degajate să nu depășească domeniul de temperatură optimă. În acest sens s-a determinat experimental temperatura de cristalizare, optimul fiind cuprins între 110 și 120°C, durata procesului de cristalizare la această temperatură fiind de 5—6 ore.

Tabela 1

Variația curentului direct în funcție de tratamentul plăcii suport

Tensiune continuă, V	Curent în sens de trecere, mA/cm²	
	Fără tratament	Cu tratament
0,25	3	4,5
0,5	12,5	18
0,75	31,5	41,5
1	55	72,5

Pentru a asigura orientarea paralelă a axei *c* a cristalelor cu placa suport, cristalizarea trebuie făcută sub presiune, deoarece în caz contrar axele *c* ale cristalelor nefiind orientate la aplicarea unei tensiuni stratul de seleniu se străpunge.

Presiunea trebuie să fie cît mai mare, pentru obținerea unei structuri compacte a masei de seleniu, iar pe de altă parte o presiune prea mare accelerează procesul de cristalizare împiedicînd creșterea cristalelor și o orientare perfectă. Determinînd experimental, influența presiunii asupra rezistivității stratului cu seleniu și a tensiunii de străpungere s-a găsit că valorile

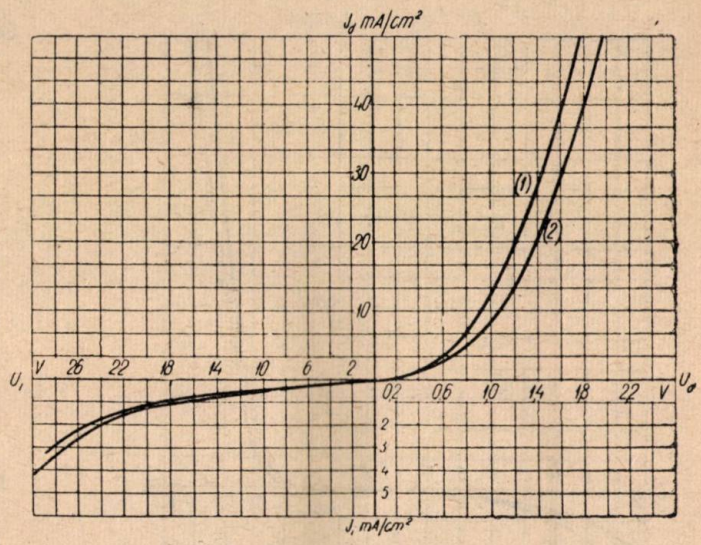


Fig. 11. Curba tensiune-curent la celule obținute din seleniu purificat cu metoda sulfito-ciclică:
1 — după distilare; *2* — înainte de distilare.

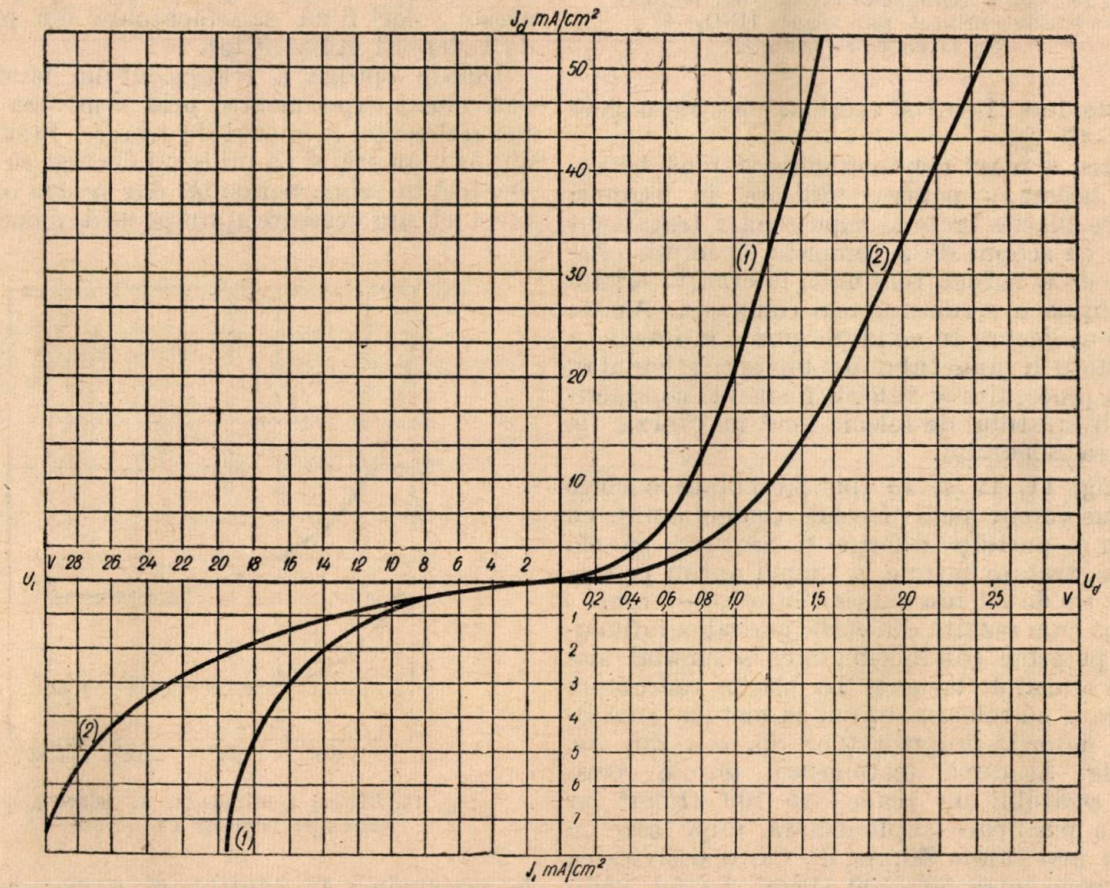


Fig. 12. Curba tensiune-curent la celule obținute din seleniu purificat cu metoda alcalină:
1 — după distilare; *2* — înainte de distilare.

optime sînt cuprinse între 6—15 kg/cm² în funcţie de dimensiunile plăcilor de seleniu. La această presiune plăcile obţinute au o rezistenţă

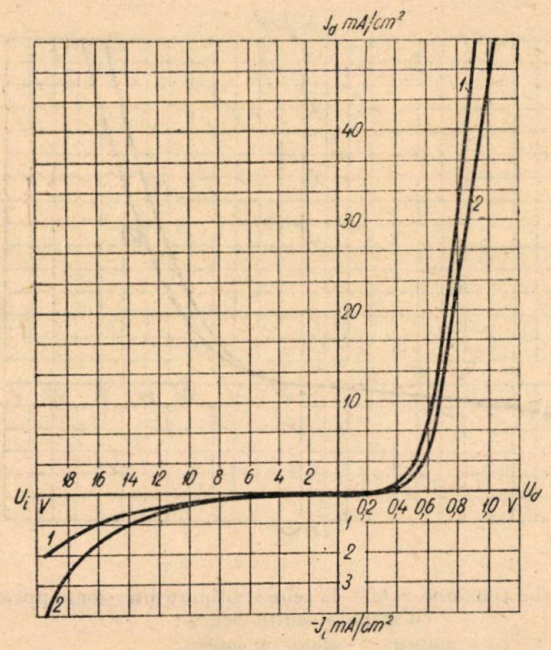


Fig. 13. Curba tensiune-curent la celule obţinute din seleniu purificat prin metoda HNO_3-SO_2
1 — plăci I.C.P.E.T.; 2 — plăci import.

de peste 100 Ω/cm² şi tensiune de străpungere de 35—45 V_{ef}.

Pentru a mări conductibilitatea pînă la valorile necesare pentru utilizare în scopuri practice plăcile trebuie supuse unui tratament termic cu scopul de a completa structura cristalină, de a reduce tensiunile interne în cristal şi a obţine o structură mai compactă. Aceste fenomene decurg în condiţii optime în imediata vecinătate a punctului de topire a seleniului, durata procesului şi valorile finale ale conductibilităţii stratului de seleniu fiind în funcţie de calitatea seleniului.

În fig. 11, 12 şi 13 sînt prezentate curbele tensiune-curent pentru celule confecţionate cu seleniu de purităţi diferite şi preparat pe căi diferite, tratate termic la timpul optim pentru fiecare tip de seleniu cuprins între 0,5—1 ore.

După cum rezultă din curbe puritatea influenţează puternic conductibilitatea seleniului mai ales în sensul de trecere. La plăcile redresoare executate cu seleniu obţinut cu metoda sulfito-acidă, datorită impurităţilor Sb, Sn, Zn, As, Ca, Mg, Si după tratamentul termic rezistenţa stratului nu scade sub 100 Ω/cm² iar după o purificare suplimentară, după care în seleniu mai rămîn Zn, As, Si, Ca, rezistivitatea se menţine între 50—100 Ω/cm². La fel, utilizînd seleniul purificat prin metoda cu NaOH+C, care conţine urme de Fe, Si, Na, Ca, Zn, As, rezistenţa stratului de seleniu este de 160 Ω/cm², iar după o purificare suplimentară prin distilare sub vid, rezistenţa scade numai pînă la 50 Ω/cm². O diferenţă marcantă se observă la rezultatele obţinute cu seleniu purificat prin

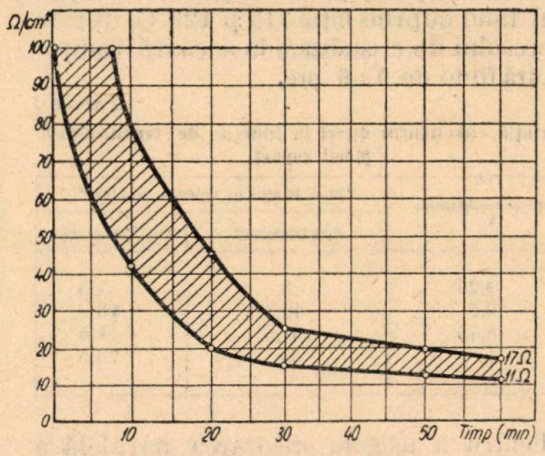


Fig. 14. Variaţia rezistenţei plăcilor cu seleniu în funcţie de durata tratamentului termic.

metoda cu HNO_3-SO_2; seleniul obţinut fiind spectral pur rezistivitatea plăcilor după tratament termic scade la 17—35 Ω/cm² respectiv 11—17 Ω/cm² după o purificare suplimentară, aceste valori fiind satisfăcătoare din punctul de vedere al utilizării lor.

Durata optimă a tratamentului termic s-a determinat experimental prin urmărirea variaţiei rezistenţei în sensul de trecere. Rezultatele obţinute au arătat că procesul decurge cu viteză maximă în prima perioadă, dar pentru completarea ei sînt necesare aproape 60 de minute, iar

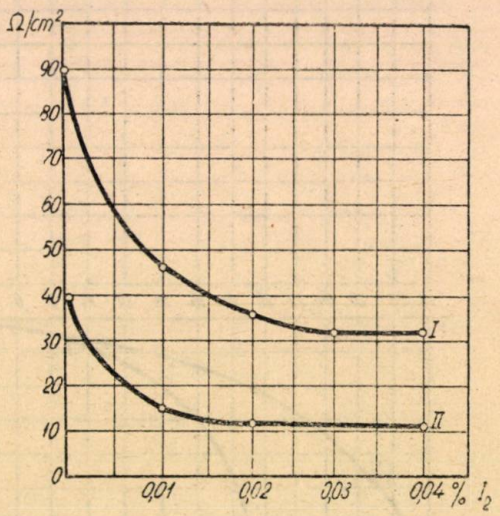


Fig. 15. Efectul conţinutului de adaos asupra rezistenţei celulelor cu seleniu

la prelungirea în continuare a tratamentului peste valoarea optimă, rezistenţa creşte, datorită volatilizării adaosului.

Toate cazurile descrise mai sus se refereau la seleniul conţinînd adaos de halogen, Cl_2 sau

I_2 pentru îmbunătăţirea conductibilităţii. Influenţa acestuia din urmă asupra rezistenţei plăcilor cu seleniu fiind redată în fig. 11.

Tabela 2

Variaţia rezistenţei plăcilor cu seleniu în funcţie de durata tratamentului termic

Durata tratamentului termic min.	Rezistenţa Ω/cm^2
10	80—42
20	45—20
30	25—15
40	22—13,5
50	19,5—12,5
60	17—11

O altă fază deosebit de importantă în fabricaţia plăcilor redresoare este realizarea contactului redresor şi, deci, a stratului de baraj.

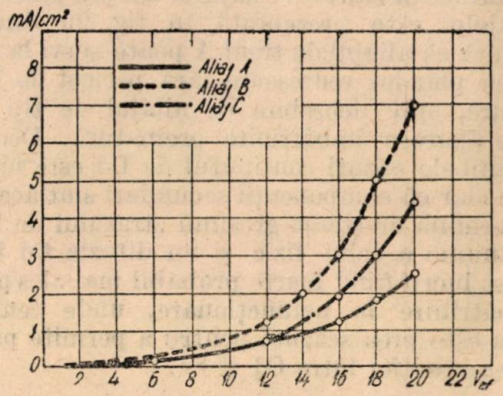


Fig. 16. Variaţia curentului invers în funcţie de calitatea aliajului

După cum s-a arătat mai înainte, se poate admite că stratul de baraj ia naştere la contactul dintre cele două semiconductoare, seleniul cu conductibilitate lacunară şi SeCd cu conductibilitate electronică. Din această cauză la realizarea celui de al doilea semiconductor, stratul de SeCd, trebuie luate aceleaşi precauţii ca şi în cazul stratului de seleniu; puritatea materialului, structura cristalină, grosimea stratului, modul în care se depune contraelectrodul, sînt factori care pot modifica ordinul de mărime a rezistenţei stratului de baraj, determină stabilitatea plăcilor şi influenţează simţitor valoarea rezistenţei în sensul de trecere.

Pentru contraelectrod s-a folosit un eutectic de Cd-Sn cu punct de topire 170 °C care s-a depus pe stratul de seleniu prin schopperizare, stratul de baraj fiind format prin trecerea unui curent mare în sensul neconductor, prin efect combinat termic şi electric.

Calitatea aliajului folosit determină în mare măsură valoarea curentului invers după cum rezultă din fig. 10, rezistenţa la tensiune inversă de 20 V_{ef} fiind de 8 000 Ω/cm^2 pentru aliajul A, 2 800 Ω/cm^2 pentru aliajul B şi de 4 500 Ω/cm^2 pentru aliajul C.

Creşterea rezistenţei în sensul de blocare la aliajul de tip A se atribuie concentraţiei reduse a purtătorilor de sarcină în stratul de baraj faţă de concentraţia în volumul semiconductorului, după cum rezultă din măsurătorile noastre asupra grosimii stratului de baraj şi a concentraţiei purtătorilor de sarcină în stratul de baraj, prezentaţi în fig. 17 şi din valoarea

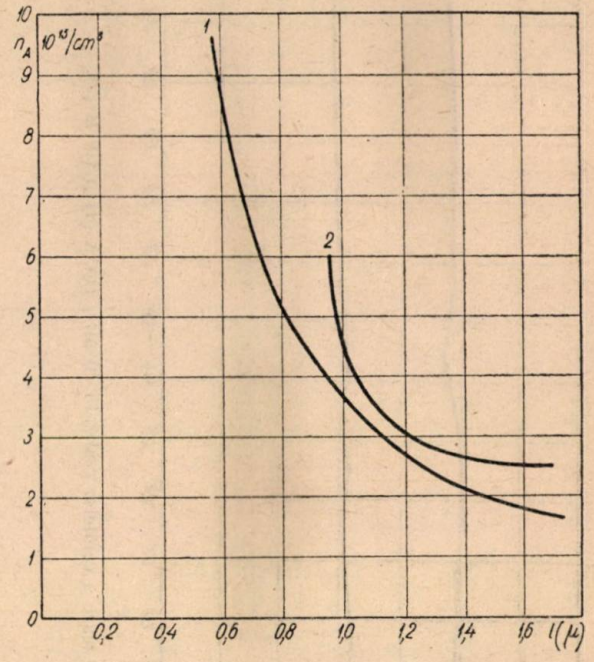


Fig. 17. Concentraţia purtătoarelor de sarcină în funcţie de grosimea stratului de baraj.
1 — celulă bună; *2* — celulă îmbătrînită.

concentraţiei purtătorilor de sarcină în masa de seleniu $5{,}2 \cdot 10^{16} - 7{,}8 \cdot 10^{16}$ cm^{-3}.

Pentru aliaje de tipul A pentru care plăcile redresoare prezintă caracteristicile arătate mai sus, se poate admite în prima aproximaţie, după A. Hoffmann, schema din fig. 18, iar pentru aliajele de tipul B schema din fig. 19.

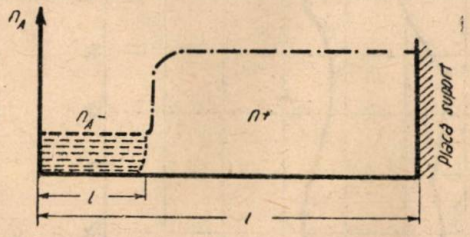


Fig. 18. Schema celulelor realizate cu aliaj tip A; $n_A = 1{,}8.10^{15}$ cm^{-3} $n_+ = 5{,}2 \cdot 10^{16}$ cm^{-3}
$l = 2{,}6\ \mu$; $L = 50\ \mu$

Compoziţia aliajului are o influenţă remarcabilă şi asupra stabilităţii plăcilor cu seleniu, însă mecanismul acestui proces nu este încă pe deplin lămurit în literatură. După unii autori, îmbătrînirea s-ar datora creşterii în timp a grosimii stratului de CdSe, această ipoteză

fiind confirmată şi experimental prin studii electronografice iar determinările noastre comparative efectuate după metoda lui Lehovec asupra celulelor aflate în diferite stadii de îmbătrînire au arătat o creştere a grosimii stratului de baraj în timp după cum rezultă din

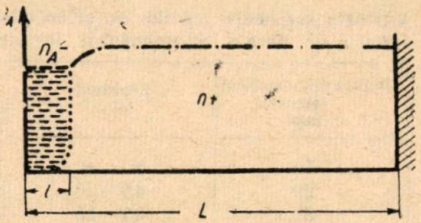


Fig. 19. Schema celulelor realizate cu aliaj tip B $n_A = 3{,}98 \cdot 10^{15}$ cm^{-3}, $n_+ = 5{,}2 \cdot 10^{15}$ cm^{-3}; $l = 0{,}72\ \mu$; $L = 50\ \mu$

fig. 17 însă fără a putea conclude dacă are loc o creştere a grosimii stratului chimic sau fizic.

Influenţa calităţii aliajului asupra stabilităţii celulelor este prezentată în fig. 20 din care rezultă că aliajul de tipul A poate servi la fabricarea plăcilor redresoare fără pericol de îmbătrînire, spre deosebire de aliajul de tip B la care apare o îmbătrînire prematură. Deoarece în ambele cazuri conţinutul de Cd este identic, este clar că componenţii secundari sînt acei care determină creşterea grosimii stratului de baraj, şi anume a celui fizic şi nu difuzia Cd în Se, acest lucru fiind foarte probabil mai ales pentru îmbătrînire la nefuncţionare, unde temperatura este prea scăzută pentru a permite progresarea reacţiei între Cd şi Se.

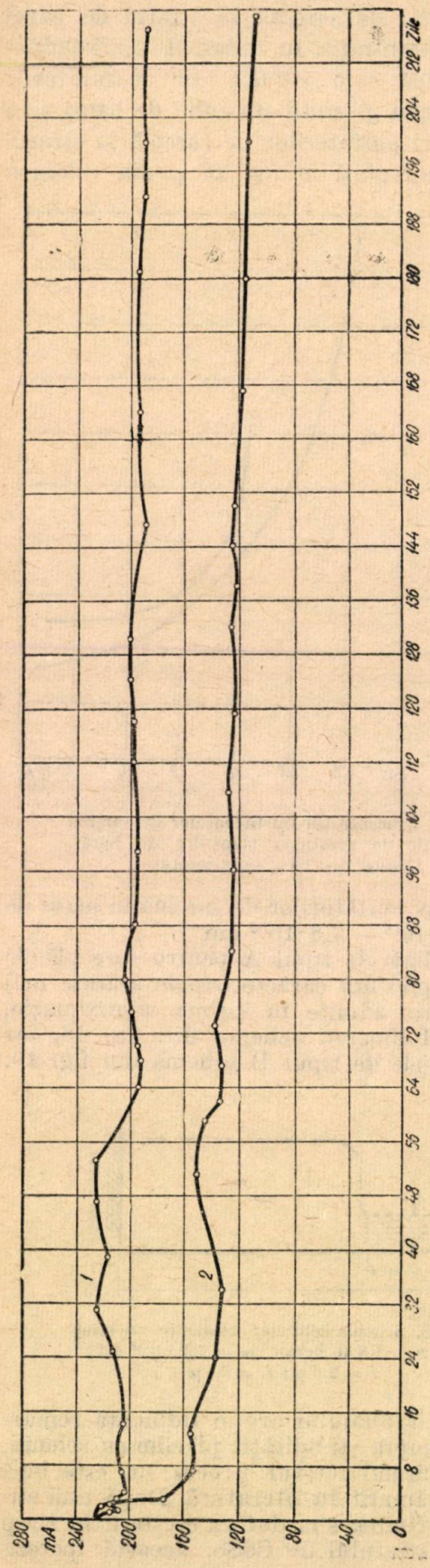


Fig. 20. Stabilitatea la stocare a celulelor realizate cu aliaj tip A (1) şi tip B (2).

Performanţele plăcilor realizate la ICPET

Caracteristica volt-amper pentru celulele care se execută în prezent în condiţiile descrise anterior este redată în fig. 13. Coeficientul de variaţie cu temperatura la un curent direct de 75 mA/cm^2 este de 0,2 mA/cm^2 °C iar la o tensiune inversă de 18V este de 0,006 mA/cm^2 °C.

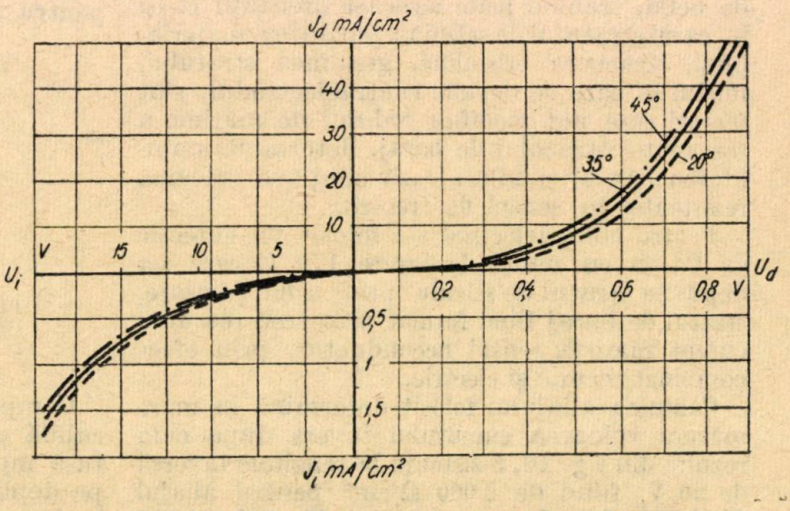


Fig. 21. Caracteristica tensiune-curent ale celulelor ICPET la diferite temperaturi.

Pentru celulele a căror caracteristică volt-amper s-a reprezentat corespunde un randament

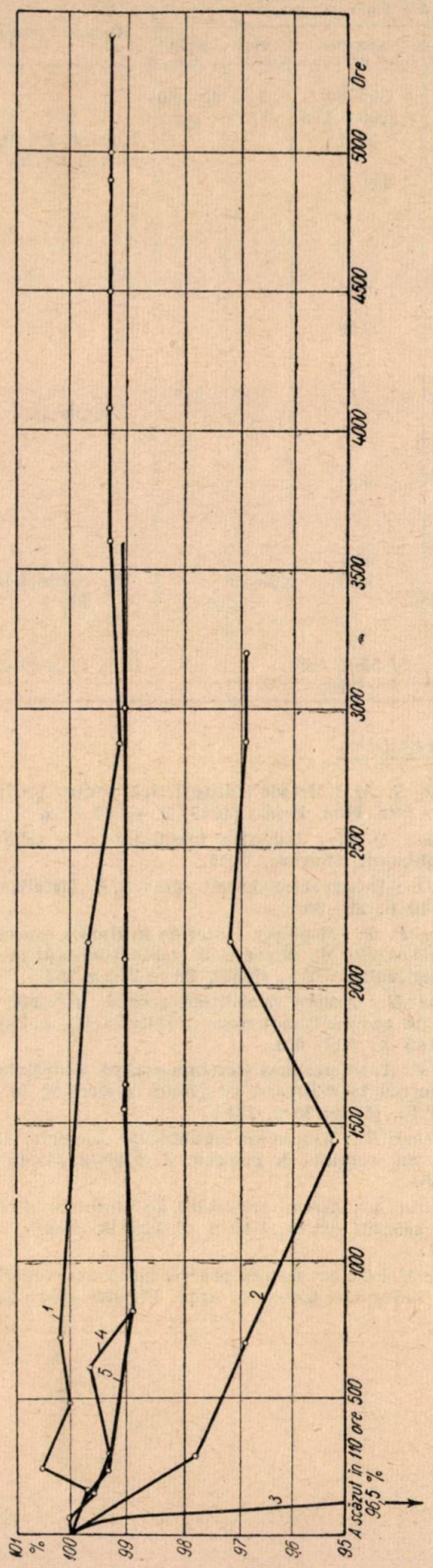


Fig. 22. Stabilitatea funcționării celulelor ICPET

1 – celule ICPET sarcină ohmică fără filtru; *2* – celulă import sarcină ohmică fără filtru; *3* – celulă ICPET sarcină ohmică fără filtru, aliaj B; *4* – celule ICPET sarcină ohmică filtru în π
5 – celule import, sarcină ohmică filtru în π

de peste 92 % și o încălzire de 10—25 °C peste temperatura mediului ambiant la funcționarea în condițiile nominale.

La diverse șarje în care condițiile tehnologice de fabricație s-au menținut identice s-au ridicat caracteristicile electrice și s-a observat că ele au fost reproductibile într-o măsură satisfăcătoare, limitele între care variază curentul direct și invers fiind prezentat în fig. 13 comparativ cu plăcile din import.

Una dintre principalele caracteristici care se urmărește în fabricarea plăcilor redresoare cu seleniu și care după cum s-a văzut a determinat în mare măsură alegerea parametrilor tehnologici este stabilitatea plăcilor.

Atît la stocare cît și în funcționare s-a urmărit în timp creșterea rezistenței plăcilor în sensul de trecere.

În privința îmbătrînirii la stocare la celulele executate în condiții tehnologice normale s-a observat o creștere neînsemnată a rezistenței în sensul de trecere; creșterea rezistenței în timp fiind de aproximativ 10 % pentru primele 1 500—2 000 ore, după această perioadă menținîndu-se practic constantă în limitele erorilor experimentale la măsurători.

Această creștere a rezistenței este normală și se datorește resorbției tensiunilor care apar în seleniul policristalin la răcire după tratament termic. Resorbția acestor tensiuni făcîndu-se în timp, determină mărirea microfisurilor dintre granule și în consecință creșterea rezistenței de trecere între granulele policristalului și scăderea mobilității purtătorilor de sarcină. O dată cu resorbția tensiunilor scade și concentrația purtătorilor de sarcină datorită scăderii concentrației defectelor din rețeaua cristalină. Atingerea unei valori constante pentru rezistența în sensul de trecere se explică prin stabilirea stării de echilibru în cristal după prima perioadă de 1 500—2 000 ore. Durata urmăririi stabilității celulelor fabricate la ICPET depășind pînă în prezent 5 000—7 000 ore se poate trage concluzia că fenomenul a atins starea de echilibru și, deci, creșterea de rezistență suferită nu va progresa în continuare și nu impietează asupra utilizării celulelor.

În fig. 20 este dat un grafic care înfățișează scăderea curentului direct în timp pentru un grup de celule din una din șarjele executate în condiții tehnologice normale. Aliura curbei ilustrează bine explicațiile date mai sus în legătură cu fenomenul de îmbătrînire.

Pentru stabilitatea plăcilor în decursul funcționării, normele prevăd că scăderea tensiunii redresate în condițiile nominale de funcționare să nu depășească după funcționare continuă de 5 000 ore valoarea de 10 %.

După o funcționare continuă în condiții nominale timp de 7 500 ore scăderea tensiunii redresate este de 1,0—1,5% iar în decurs de 2 500

Tabela 3

Caracteristicile comparative ale celulelor ICPET şi import

Caracteristica	Notaţia	Unitatea de măsură	Celule de fabricaţie				Date din literatură
			ICPET	Sovietice	RPU	RDG	
Curent direct la 1 V C.C.	I_d	mA/cm²	65—75,5	39—66	50	60—80	
Curent invers la 18 V în c.c.	I_i	mA/cm²	1,74—1,06	2,09—2,96	0,3	0,2	
Curent invers la 18 V în c.a.	I_i	mA/cm²	1,185	2,11			Norma El. Mag. max 3 mA/cm²
Grupa după clasificarea sovietică	—	—	4 şi 3	4 şi 3			
Clasa după clasificarea sovietică	—	—	C				
Caracteristici în sarcina nominală $U=18\ V_{ef}$; $I_m=27,8$ mA/cm²							
Tensiunea redresată	U_m	V	7,38	7,24	—	7,5	
Căderea de tensiune pe celula în sens de trecere	ΔU_d	V_2	0,55	0,59			
Curentul în sensul de blocare (valoare eficace)	I_i	mA/cm²	0,86	1,46			
Încălzirea în sarcină nominală peste ambiantă	Δt	°C	10—25°C				Admis 35°C
Coeficient de variaţie cu temp. la 75 mA/cm² în curent direct		mA/cm²°C	0,2 mA/°Ccm²				
Idem 18 V în curent invers			0,006 mA/°C cm²				
Randament de putere valoare eficace, montaj în punte	η_1	%	92,01	90,7			
Idem valoare medie	η_2	%	75,6	73,6	65—70		Pt. redresor ideal 81, 1
Scăderea tensiunii redresate la funcţionarea în condiţiuni nominale		%	în 7000 ore 1—1,5%	în 5500 ore 1—1,5%			10% în 5000 ore

ore de funcţionare în montaj de filtrare cu filtru π este de 1—1,5 %.

Aceste date se pot urmări în fig. 6 care înfăţişează scăderea procentuală a tensiunii redresate în timp pentru celule ICPET în comparaţie cu celule de import.

După cum se observă, scăderea tensiunii redresate este mult sub condiţiile amintite mai sus impuse de norme.

Caracteristicile comparative ale celulelor executate la ICPET faţă de celulele străine sînt date în tabela 3; valorile obţinute corespunnd din toate punctele de vedere normelor străine pentru celule depuse prin topire şi pot înlocui plăcile din import utilizate actualmente pentru toate produsele fabricate cu excepţia amplificatoarelor magnetice, fără nici o modificare în performanţele sau construcţia produselor respective.

Bibliografie

[1] *Goleand S. M.*: Metoda sulfitociclică pentru producţia seleniului pur, Him. Prom., (1947) 2, p. 45.—47.

[2] *Suhlanov D. M.*: Industria seleniului şi a telurului, Metalurghizdat, Moscova, 1955.

[3] *Krebs H.*: Despre seleniul negru (amorf), Z. Metallkunde, (1949), 40 p. 29—36.

[4] *Kozarev P. T.*: Modificări izoterme în timp a concentraţiei purtătoarelor de curent şi a conductibilităţii în seleniul policristalin, J.T.F., (1956), 26 p. 255 şi 266.

[5] *Storsche H.*: Asupra valabilităţii teoriei stratului de seleniură de cadmiu la redresoare cu seleniu (II), Z. Physik, (1956), 145 p. 597—610.

[6] *Dorin V. A.*: Cercetarea electronografică a stratului de lîngă electrod la redresoare cu seleniu cu electrod de cadmiu, J.T.F., (1956) 26 p. 284

[7] *Schweickert H.*: Asupra conductibilităţii seleniului microcristalin cu conţinut de halogen, Z. Physik, (1950) 128, p. 47—55.

[8] *Hoffmann A.*: Asupra procesului de formare la redresoare cu seleniu conţinînd talin., Z. Physik, (1950), 128 p. 414—421.

[9] *Lehovec K.*: O nouă metodă pentru măsurarea capacităţi celulelor redresoare uscate, J. Appl. Physics, (1949) 20, p. 123.

Porţelan electrotehnic cu materii prime din ţară

MARIA NICOLAE şi BRUNO MARCUS – Bucureşti*)

Realizarea porţelanului electrotehnic în R.P.R., este legată de existenţa unor materii prime adecvate. Porţelanul care se fabrică din 1950, prezintă calităţi dielectrice inferioare faţă de normele internaţionale. Acestea se datoresc în mare parte calităţii materiilor prime. Lucrarea prezintă rezultatele unui studiu îndelungat executat la I.C.P.E.T., în vederea îmbunătăţirii calităţii porţelanului de izolatoare fabricat în ţară. În concluzie se vede că materiile prime existente în ţară permit realizarea unui material cu calităţi superioare, care să asigure o izolaţie perfectă.

CZ 621.315.612.2

Porţelanul electrotehnic trebuie să asigure un complex de calităţi tehnice importante, rezistenţă mecanică mare, rezistenţă electrică, termică şi chimică.

Pentru obţinerea porţelanului electrotehnic se folosesc compoziţii de mase ceramice speciale şi regim tehnologic care se deosebeşte de regimul utilizat frecvent in fabricaţia porţelanului de menaj.

Proiectarea de mase ceramice cu anumite calităţi electroizolante, este posibilă, cunoscînd bine materiile prime de la care se porneşte.

În proiectare se utilizează normele generale pentru proiectarea de mase de porţelan tare, respectînd totodată condiţiile pentru obţinerea calităţilor electrice, mecanice şi termice optime, realizabile cu anumite materii prime. Această condiţie legată şi de condiţiile specifice tehnologiei izolatoarelor, acceptă sau resping unele materii prime în fabricaţie.

Porţelanul electrotehnic normal este un material electroizolant bun.

Calităţile fizico-mecanice şi dielectrice ale porţelanului se caracterizează prin următoarele :

1. Greutatea specifică, γ kg/dm³	2,3–2,5
2. Rezistenţa mecanică la tracţiune, σ_{zB} kg/cm²	
— glazurat	300–500
— neglazurat	250–350
3. Rezistenţa mecanică la compresiune σ_{dB} kg/cm²	
— glazurat	4500–5500
— neglazurat	4000–4500
4. Rezistenţa mecanică la încovoiere σ_{bB} kg/cm²	
— glazurat	600–1000
— neglazurat	400–700
5. Rezistenţa mecanică la şoc a_n cmkg/cm²	
— neglazurat	1,8–2,2
6. Rigiditate dielectrică la 50 Hz — neglazurat kV/mm	20–35
7. Constantă dielectrică, ε	6
8. TKε între −60° şi + 100° C la 50 Hz in 10^{-6}	+550 la +600
9. Factorul de pierderi dielectr. la 20°C tgδ in 10^{-4}	
−50 Hz	170–250
10^{-6}. 10^{-7} Hz	60–120
10. Factorul de pierderi dielectrice la temperatura înaltă şi 50 Hz la 60°C tg δ in 10^{-4}	400
11. Rezistenţa specifică ohmică internă la 50 Hz la 20°C Ω cm	10^{11}–10^{12}
12. Rezistenţa specifică ohmică superficială R_0 Ω	10^{9}–10^{12}

Valorile indicate sînt minime şi sînt raportate la condiţii normale de temperatură (20° C) şi de umiditate —(umiditate relativă 65%).

Important de remarcat este faptul că o dată cu creşterea temperaturii calităţile dielectrice scad brusc. Aşa de exemplu conductivitatea electrică specifică scade de la $0{,}46.10^{-15}$ la 50°C la $1{,}3\cdot10^{-6}$ la 1100°C sau pierderile dielectrice de la 15–30 la 20°C, cresc la 90–110 la 100°C.

De asemenea rigiditatea dielectrică scade brusc de la 80°C, atingînd la 190°C, abia la 17% din valoarea iniţială.

Porţelanul se utilizează ca material pentru izolatoare de înaltă şi joasă tensiune, produse

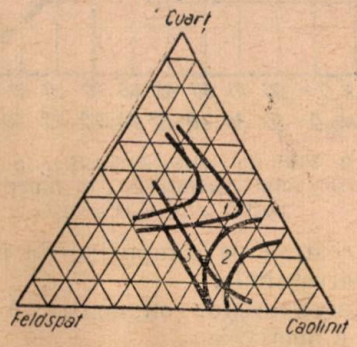


Fig. 1. Diagrama ternară a porţelanului electrotehnic
1—porţelanuri cu rezistenţă mecanică; 3—porţelanuri cu stabilitate termică; 2—porţelanuri cu rigiditate dielectrică.

ce reclamă nu numai proprietăţi dielectrice ci şi mecanice şi termice.

Realizarea porţelanului cu calităţi dielectrice, mecanice şi tehnice superioare, este o sarcină destul pe dificilă.

În anul 1950, s-a început în ţara noastră, fabricaţia izolatoarelor ceramice pentru înaltă tensiune. O perioadă de 3–4 ani, fabricaţia s-a bazat de materii prime din import (ex. caolin din R. Cehoslovacă),

Realizarea unui porţelan electrotehnic cu proprietăţi normale pe baza materiilor prime din ţară — a fost prima sarcină a laboratorului de cercetări electroceramice din I.C.P.E.T.

Un volum mare de lucrări a ocupat studiul materiilor prime pentru ceramica electrotehnică.

Se ştie că în compoziţia porţelanului electrotehnic se utilizează următoarele materii prime.

caolin	40–50%
argilă plastică	15–20%
feldspat sau pegmatit	20–35%
nisip sau cuarţ	10–25%
bentonit	3– 5%

*) Ing. *Maria Nicolae* este şef de secţie la I. C. P. E. T.
Ing. *Bruno Marcus* este cercetător principal la I. C. P. E. T.

Studiul a cuprins materii prime ce se exploatează curent şi diverse probe de zăcăminte neexploatate.

După un studiu de laborator, care a determinat calitatea materiilor prime, a urmat veri-

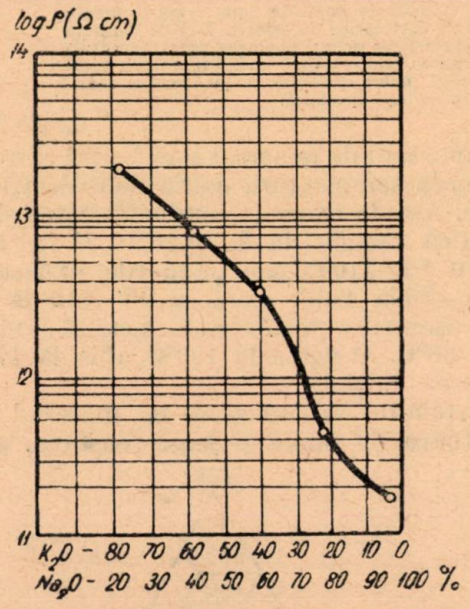


Fig. 2. Variaţia rezisenţei specifice interul (ρa) a porţelanului electrotehnic, în funcţie de raportul între K_2O şi Na_2O.

ficarea acestora pe compoziţii de mase de porţelan electrotehnic.

Proiectarea acestor compoziţii s-a făcut avînd la bază obiectivele :

1. Realizarea unei compoziţii care să asigure optimum de calităţi dielectrice, mecanice şi tehnice.

2. Respectînd condiţia de la punctul 1, să se obţină o masă ceramică cu comportare bună la fasonare şi uscare şi care să permită tratament termic la 1300°C.

Din materiile prime exploatate curent, pegmatitul din regiunea Orşova (Topleţ şi Teregova) s-a dovedit necorespunzător pentru realizarea unui porţelan cu calităţi dielectrice bune.

Acest pegmatit, conţine oxid de potasiu şi sodiu în raport de 1/1. Conţinutul total în aceşti oxizi fiind de ~9%.

Din fig. 2 şi 3 se văd că atît pierderile dielectrice cît şi rezistivitatea porţelanului electrotehnic sînt influenţate mult de raportul dintre oxizii de potasiu şi sodiu, conţinut în porţelan. Raportul optim este de 4/1.

Faţă de raportul 1/1, prezentat de pegmatitul din Orşova, rezultă teoretic valori peste normele admise.

Experimental s-a verificat, pe compoziţii de mase optime. Cu pegmatit din Orşova nu s-a putut obţine un porţelan cu pierderi dielectrice sub 500.10^{-4}. De asemenea, această valoare creşte enorm cu creşterea temperaturii ajungînd la 80°C pînă la valoarea de 3500.10^{-4} (fig. 4).

Asemenea material, nu se poate utiliza la fabricarea izolatoarelor de tensiuni înalte.

Din regiunea Caransebeş, s-a studiat un zăcămînt de pegmatit neexploatat, (identificat şi în curs de prospectare în acest an).

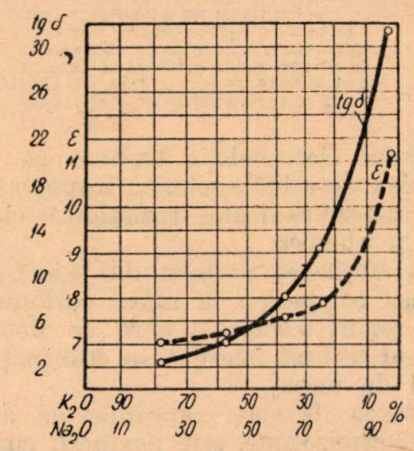


Fig. 3. Variaţia unghiului de pierderi dielectrice şi a constantei electrice în funcţie de raportul dintre K_2O şi Na_2O.

Studiul de laborator a stabilit existenţa unei roci pegmatitice cu feldspat a cărui conţinut total în oxizi alcalini este de 11—12% în care raportul dintre oxidul de potasiu şi de sodiu este de minimum 4/1.

Experimental s-a verificat pe compoziţii de mase optime, calitatea acestui pegmatit.

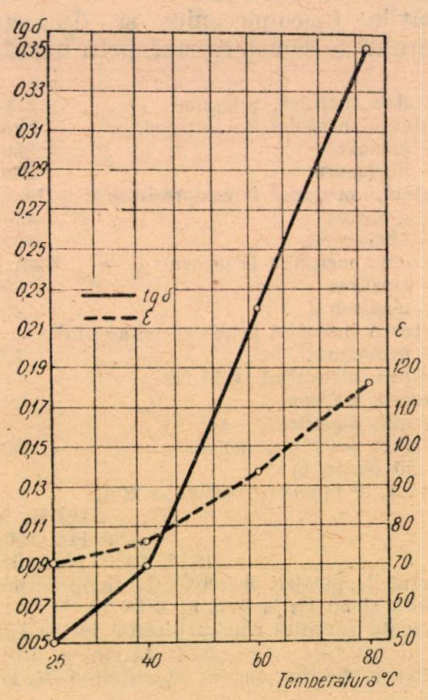


Fig. 4. Variaţia tg δ şi ε în funcţie de temperatură la masa cu pegmatit Topleţ.

În fig. 5 se vede că valoarea pierderilor dielectrice şi a constantei dielectrice, atît la 20°C, cît şi la 100°C este normală.

Asemenea porţelan prezintă calităţi dielectrice bune şi se poate utiliza la fabricarea izolatoarelor de foarte înaltă tensiune.

În concluzie, rezultă că utilizarea pegmatitului de la Orşova nu permite realizarea unui porţelan electrotehnic bun şi că este absolut

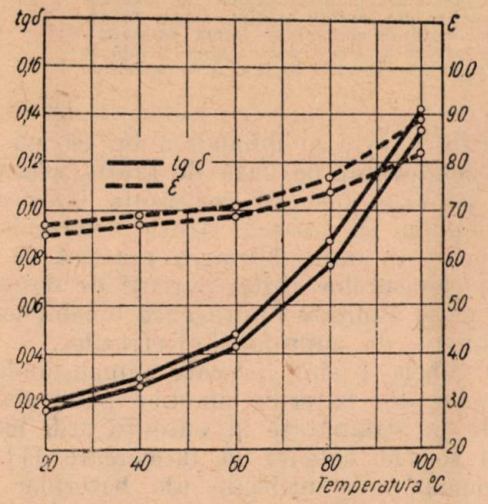


Fig. 5. Variaţia tg δ şi ε în funcţie de temperatură, la masă cu pegmatit Caransebeş (potasic).

necesară înlocuirea acestuia cu un pegmatit potasic (ex. din rigiunea Caransebeş).

Pentru respectarea condiţiilor de la punctul 2 — a fost necesar studiul mai aprofundat al materialelor argiloase : caoline, argile, bentonit.

Studiul de laborator şi verificarea pe reţete experimentale au arătat că atingerea celui de al doilea obiectiv se realizează prin combinaţii de caolin Aghireş şi caolin Harghita. Ambele caoline erau în exploatare. Caolina de Harghita are calitatea că prezintă o plasticitate foarte mare şi punct de vitrifiere foarte scăzut.

Aceasta permite ca să se poată obţine compoziţii cu temperatura de ardere optimă de ~1300°C şi cu comportare bună la fasonare şi uscare.

Este ştiut că în jurul temperaturii de 1300°C, se situează punctul care asigură optimum pentru rezistenţa mecanică la tracţiune şi pentru rigiditate dielectrică.

Introducerea caolinului de Harghita în reţete de porţelan a permis realizarea unui porţelan cu temperatura de ardere scăzută (1300°C).

În concluzie, combinaţii de materii prime : caolin Aghireş, caolin Harghita, pegmatit Caransebeş, şi nisip Aghireş, au obţinut caracteristici care se încadrează în normele internaţionale prezentînd calităţi dielectrice, mecanice şi termice superioare.

Studiul nostru recomandă o reţetă cu aceste materii prime.

Pe diagrama ternară reţeta se situează în domeniu optim (fig. 1) caracteristicile acestui porţelan electrotehnic fiind următoarele :

Rezistenţa mecanică la tracţiune	~400 kg/cm²
Rezistenţă mecanică la încovoiere	~ 900 kg/cm²
Rigiditate dielectrică	~ 25 kV/mm
Constanta dielectrică	6,5
Factorul de pierd. dielectr. la 20°C— şi 50 Hz	130...200.10⁻⁴
Rezistivitate de volum la 50 Hz şi 20°C	7 ... 9.10¹²Ωcm
Rezistivitate superficială	2,5 ... 10¹²Ω

Materialul permite utilizarea în fabricaţia izolatoarelor de înaltă tensiune, cu siguranţă în exploatare.

Bibliografie

[1] *Bogorodiţki P. P., Tareev B. M.* : Materiale electrotehnice, 1950. Goseuergo'zdat—Moscova
[2] *Budnicov P. P.*: Tehnologia ceramicii şi refractarelor, 1950.
[3] *Lewis J., Birnton J.* : Chimia substanţelor coloidale şi amorfe, 1944 (Trad. din engleză).
[4]. *Budnicov P. P.* — Tehnologia produselor ceramice, 1946.
[5] *Niculin N. B.* : Fabricaţia izolatoarelor din porţelan
[6] *Evstropiev E. S. şi Toropov N. A.*: Chimia siliciului şi fizico-chimia silicaţilor.
[7] *Avgustinik*: Fizico chimia silicaţilor.
[8] *Kabeco P. P.*: Substanţe amorfe, 1952.
[9] *Iuşchevici M. O.*: Tehnologia, ceramicii, 1951.
[10] *Figurovschi N. A.*: Analize sedimentare, 1948.
[11] *Ilin B. V.*: Natura forţelor absorbante, 1952.
[12] *Mateeva F. A.* şi *Kazarinov V. P.*: Argilele Siberiei de vest Norosibirsk—1948.
[13] *Poleacov K. A.*: Materiile nemetalice rezistente chimic
[14] *Nistroikeramica*: Culegere de probleme, 1949.
[15] *Nistroikeramica*: Studii asupra tehnologiei faianţei, Moscova 1950.
[16] *Barta R.*, : Sticlă şi ceramică, partea III,ceramică fină.
[17] *Barzacovschi* şi *Dubrovo S. K.*: Proprietăţi chimice, fizice ale glazurilor porţelanului de înaltă tensiune, 1953.
[18] *Blumen L. M.*: Glazuri
[19] *Iurciak, Tihomirov I. M.* şi *Gluşanoc Z. I.*: Studiul compoziţiilor maselor de porţelan de înaltă tensiune pentru aparataj de bază de materie primă din Ural, Cheramic Shorn. (1941) 14, p. 13.
[20] *Dubrovo S. C.* — Studiul calităţii suprafeţei glazurii izolatoarelor de înaltă tensiune prin metoda profilării, J. pricl. Him. (1941), 7—8.
[21] *Dikinson Th.*: Glazurare electrostatică, 1949.
[22] *Martinali Bruno*: Izolatoare din porţelan, 1947.
[23] BIOS Nr. 1762: Ceramica germană pentru electrotehnică.
[24] *Quergues Antonic* : Materiale electrotehnice, vol. II, 1948.
[25] Electr. Engng 1948: Proprietăţile electrice ale materialelor ceramice.
[26] *Beliankin D. I.*: Petrografia pietrei tehnice.
[27] *Beliankin D. I.*: Feldspaţi, Culegere (trad. din engleză şi germană). Moscova 1952.
[28] *Budnicov P. P.*: Tehnologia ceramică şi refractară, 1955
[29] *Vorolier A. A.* şi *Zavodskaia E. K.*: Rezistenţa electrică a dielectricilor solizi.
[30] *Vrobiov A.A. şi Zavodscaia E. K.*: Străpungerea dielectricilor solizi. Moscova 1956.

Fabricarea bateriilor anodice plate de tipul $Zn-MnO_2$

MIRCEA BAROSU şi LUCIA DIACONU — Bucureşti *)

Pentru alimentarea aparatelor electronice portative create de tehnica modernă este necesară fabricarea bateriilor galvanice cu volum şi cu greutate cît mai redusă. Autorii prezintă sumar tehnologia fabricării bateriilor alcătuite din elemente de tipul zinc-bioxid de mangan de formă paralelipipedică care au în general un volum redus cu 35—40% şi un consum de zinc redus cu 40—60% faţă de bateriile de elemente cilindrice obişnuite. În articol sînt prezentate caracteristicile cîtorva modele de baterii realizate la ICPET.

CZ 621.352.32

Tehnica modernă a creat în ultimii 15 ani o seamă de aparate electronice portative, folosite în diverse scopuri (radio emisie şi recepţie, televiziune, diverse cercetări şi măsurători, aeronautică, meteorologie etc.) care au, în general, volum şi greutate mică. Aceasta a făcut ca implicit să apară necesitatea fabricării surselor electrice de alimentare anodică cu volum şi cu greutate cît mai mică.

Una din soluţiile alese pentru micşorarea volumului şi greutăţii elementelor galvanice este aceea a construirii lor în formă paralelipipedică, în locul construcţiei cilindrice clasice.

Construirea bateriilor anodice alcătuite din elemente galvanice uscate în formă paralelipipedică, în afara reducerii considerabile a volumului (aproximativ cu 40%), prezintă o seamă de avantaje:

— simplificarea procesului tehnologic;
— facilitarea asamblării elementelor în baterii;
— economie de materiale, în special de zinc;
— eliminarea electrozilor de cărbune şi, mai ales, prezintă posibilitatea automatizării complete a procesului de fabricaţie.

În privinţa economiei de zinc, literatura de specialitate menţionează că această formă de construire a elementelor galvanice, face să scadă consumul de zinc, pentru 1 Ah de la 10 g (la elemente cilindrice de tipul mai utilizat) la 4 g, ceea ce înseamnă o creştere a coeficientului de utilizare a zincului de la 0,122 la 0,36.

Eliminarea din ansamblul elementelor uscate ($Zn-MnO_2$) a creionului colector de cărbune de retortă şi înlocuirea lui cu un strat bun conducător pe bază de grafit, placat direct pe zinc, face ca rezistenţa interioară a ansamblului să crească. Acest inconvenient se traduce prin imposibilitatea practică de a solicita elementelor plate, curenţi de descărcare utili peste anumite limite, care bineînţeles sînt în funcţie de suprafaţa electrozilor.

În tabela 1 sînt indicate dimensiunile elementelor din bateriile anodice plate standardizate în străinătate şi curenţii utili maximi ce li se pot solicita la descărcare [7].

Domeniile de utilizare ale bateriilor plate sînt foarte multe:

— baterii de tensiune mare pentru lucrări şi măsurători de cercetare (45V; 67,5 V; 100 V; 240V; 480V; 1 000 V; 1 500V);

— baterii anodice plate pentru alimentarea aparatelor electronice portabile (radio emisie şi recepţie, televiziune, radio sondaj, aparate militare, meteorologice etc.) de diverse tensiuni (9V; 75V; 90V; 100V; 120V; 150V; 200V);

— baterii anodice pentru aparate electromedicale (22,5V; 30V; 48V etc.).

În tabela 2 sînt prezentate caracteristicile unor baterii anodice plate fabricate în U.R.S.S. şi R.D.G. [1, 8, 9].

În prezent în ţară se fabrică baterii anodice asamblate numai din elemente galvanice cilindrice de tipul „B".

Marea majoritate a producţiei actuale o constituie bateriile anodice a căror caracteristici sînt prezentate în tabela 3 [10]. Bateriile anodice fabricate se folosesc, în special, pentru alimentarea aparatelor de radio produse în ţară şi numai în mică măsură pentru alte scopuri. Bateriilor anodice folosite în alimentarea

*) Chimist diplomat *Mircea Barosu* este cercetător principal la I.C.P.E.T. chimist diplomat *Lucia Diaconu* este cercetător la I. C. P. E. T.

Tabela 1

Tipul de element	Dimensiuni, mm				Curent maxim admis, mA	Unde se fabrică modelul
	Electrod de Zn		Pastile de depolarizant			
	lăţime	lungime	lăţime	lungime		
I	11	21	10,5	20,5	1	Elveţia, Anglia R.D.G., S.U.A., C.S.R.
II	18	30	17,5	29,5	6	U.R.S.S., R.D.G., C.S.R., R.P.U.
III	33	43	32,5	42,5	10	R.D.G.
IV	40	48—50	39,5	47,5	15	R.D.G., R.P.U., U.R.S.S.
V	45	58	44,5	57,5	20	R.D.G., U.R.S.S.

Tabela 2

Simbolul bateriei	Fabricaţie	Dimensiunile unui element din baterie, mm			Greutatea la un element g	Nr. elemente baterie	F.E.M., V	Regim de descărcare		Capacitatea de curent, Ah	Capacitatea specifică pe gram Zn, Ah/g	Destinaţia
		grosime	lăţime	lungime				Curent sau rezistenţa fixă, Ω	Nr. ore zilnic			
Gb–CA–45	U.R.S.S.	3	18	32	1	32	48	14 000	cont.	0,2	0,2	Aparate medicale
75 AMŢG–22	U.R.S.S.	3	18	32	1	51	76,5	22 312	„	0,2	0,2	Radio portativ
BASG–60	U.R.S.S.	7,5	42	50	5,35	63	94	4 680	„	1,3	0,24	Radio normal
BASG–80	U.R.S.S.	9	45	60	7,25	60	101	7 000	„	2,1	0,29	Radio normal
BP 1121/22,5	R.D.G.	2	12,5	22,5	0,5	15	22,5	22 000	8 h	0,04	0,08	Radio cu transistori
BP 1829/85	R.D.G.	5	21	32	1	57	85	8 500	4 h	0,36	0,36	Radio portativ
BP 4048/9	R.D.G.	6	42	50	4	6×4	9	168	4 h	0,72	0,18	Filament radio portativ

Tabela 3

Tipul bateriei	Destinaţia bateriei	F.E.M., V	Tensiunea sub sarcina, V	Rezistenţa fixă de descărcare, Ω	Curent const. de descărcare, mA	Regim zilnic des. nr. h/zi	Tensiunea finală, V	Capacitatea, A	Durata de funcţionare
BuB–90	anodică	94,5	82	–	5	4	60 %	1,2	240
BuB–100	anodică	105	91	–	5	4	din	1,2	240
BuB–120	anodică	126	109	–	5	4	valoarea	1,2	240
BuB–150	anodică	157,5	137	–	5	4	iniţială	1,2	240

receptoarelor, li se solicită curenţi de descărcare de 12–20 mA. Curenţi de această valoare se pot solicita şi bateriilor plate alcătuite din elemente de tipul IV şi V, după cum s-a arătat în tabela 1. De aici se deduce oportunitatea fabricării pentru alimentarea aparatelor de radio a bateriilor anodice alcătuite din elemente plate.

Date constructive şi funcţionale asupra bateriilor anodice plate

a) Un *element al bateriei* este alcătuit din trei părţi (fig. 1): — o placă de zinc placată pe una din feţe cu un strat impermeabil pe bază de grafit, avînd o conductibilitate electronică; — o placă de carton care se impregnează cu electrolit şi — o pastilă de depolarizant prevăzută pe una din părţi cu o proeminenţă, care înlesneşte contactul cu stratul bun conducător al plăcii de zinc din ansamblul celulei vecine, cu care se înseriază.

Aceşti trei componenţi la asamblare se prind într-un inel de masă plastică.

Numărul de elemente înseriate este în funcţie de tensiunea bateriei fabricate.

Placa de zinc constituie electrodul negativ, depolarizantul (pe baza de MnO_2) împreună cu stratul bun conducător de pe faţa plăcuţei de zinc, a elementului vecin, polul pozitiv; iar electrolitul îmbibat în cartonul-suport este alcătuit pe bază de clorură de amoniu.

b) *Schema electrochimică a elementului uscat* este cea clasică prezentată de reacţia (1).

$$-\mathrm{Zn}\ (\mathrm{ZnCl_2} + \mathrm{NH_4\,Cl})\ \mathrm{MnO_2}\ (\mathrm{C})+ \qquad (1)$$

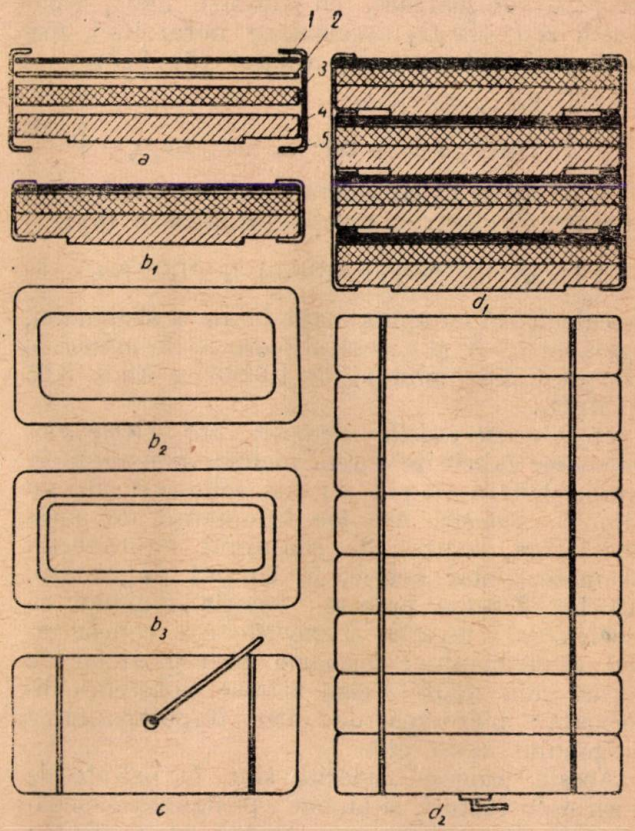


Fig. 1. Schiţa de element şi baterie:

a componentele unui element: *1* – strat bun conducător, *2* – tabla de zinc, *3* – carton suport pentru electrolit, *4* – pastile depolarizant *5* – inel masă. plastică; *b* ansamblu element: b_1 – secţiune, b_2 – vedere de sus, b_3 – vedere de jos; *c* element terminal; *d* ansamblu baterie: d_1 – secţiune; d_2 – vedere

Asupra funcţionării elementului uscat s-au dat cîteva interpretări; majoritatea susţin că procesul de formare a curentului corespunde reducerii manganului tetravalent la mangan trivalent conform reacţiilor (2):

$$\left.\begin{aligned}&\text{Anod } (-): Zn - 2e \rightarrow Zn^{2+}\\&\text{Catod}(+): 2NH_4^+ + 2e + 2MnO_2 \rightarrow 2NH_3 + Mn_2O_3 + H_2O\end{aligned}\right\} \quad (2)$$

Bioxidul de mangan este depolarizant.

Parţial amoniacul se combină cu clorura de zinc prezentă, în electrolit după reacţiile (3) sau (4):

$$2\,NH_3 + ZnCl_2 \rightarrow [Zn\,(NH_3)_2]\,Cl_2 \quad (3)$$

$$\left.\begin{aligned}&2\,NH_3 + 2\,H_2O + ZnCl_2 \rightarrow Zn\,(OH)_2 + 2\,NH_4Cl\\&4\,Zn\,(OH)_2 + ZnCl_2 \rightarrow ZnCl_2 \cdot 4\,Zn\,(OH)_2\end{aligned}\right\} \quad (4)$$

Literatura menţionează că în cazul descărcărilor rapide a elementelor, se observă cu ajutorul microscopului electronic formarea cristalelor exagonale de $ZnCl_2$ $4Zn\,(OH)_2$ în pasta de depolarizant. Acest complex s-a identificat de asemenea şi în studiul fazelor solide, care se formează în sistemul: $NH_4Cl-ZnCl_2-ZnO-H_2O$ [4].

Unele studii mai noi, analizînd spectre de difracţie, obţinute cu ajutorul razelor X au identificat în masa depolarizantă a elementelor proaspăt descărcate, cu curenţi mari, compusul $ZnO.Mn_2O_3$ asemănător heterolitei, format probabil conform reacţiei (5) [4]:

$$\left.\begin{aligned}&Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e\\&2\,MnO_2 + 2e + Zn^{2+} \rightarrow ZnO.\,Mn_2O_3\end{aligned}\right\} \quad (5)$$

Dacă se ia în considerare pentru producerea curentului electric, reacţia următoare (6):

$$Zn + 2\,NH_4Cl + 2\,MnO_2 = [Zn\,(NH_3)_2]\,Cl_2 + H_2O + Mn_2O_3 \quad (6)$$

se calculează cu aproximaţie f.e.m. a sistemului, egală cu 1,5 V şi necesarul teoretic de materiale pentru 1 Ah (debitat) de 1,2244 g Zn şi 3,25 g MnO_2.

c) *Caracteristicile electrice ale elementelor galvanice* fabricate nu se menţin constante în timp, chiar dacă pila nu este solicitată într-un circuit exterior. Are loc fenomenul de autodescărcare, cauzat de consumul neproductiv al materialelor active, în timpul depozitării. Au loc diverse procese: reacţia zincului cu electrolitul; uscarea şi modificarea concentraţiei electrolitului; formarea precipitatelor de săruri greu solubile care măresc rezistenţa interioară; pierderea de către depolarizant a oxigenului activ etc.

Aceste procese nedorite sînt favorizate de o serie de factori, şi anume: păstrarea elementelor în atmosferă prea umedă şi încălzită; impurităţile şi lipsa unei omogenităţi perfecte a materiilor prime; nerespectarea atentă a procesului tehnologic de fabricaţie şi introducerea de impurităţi pe această cale.

Exigenţa în tehnologia bateriilor de elemente plate, se cere să fie mai mare, deoarece micşorarea dimensiunilor şi, în special, a distanţei dintre electrozi favorizează procesele de autodescărcare.

Procesul tehnologic de fabricaţie

Schema din fig. 2 prezintă procesul tehnologic de fabricaţie a bateriilor anodice de elemente plate, experimentat de ICPET.

a) *Tehnologia de fabricaţie* comportă următoarele ateliere: pregătirea depolarizantului, prepararea electrolitului, pregătirea accesorilor semifabricate, confecţionarea electrozilor bipolari zinc grafit şi asamblare.

Dintre aceste ateliere, numai cel de confecţionat electrozi bipolari zinc-grafit şi cel în care se face asamblarea elementelor şi bateriilor prezintă utilaje şi operaţii diferite *principial* de cele care se practică în prezent în fabricarea bateriilor de elemente cilindrice.

Pasta bună conducătoare se aplică pe benzi de Zn, cu un dispozitiv mecanic prevăzut cu valţuri încălzite, într-un strat gros de 0,4—0,7 mm. Rezistenţa stratului întins pe o suprafaţă de 5 cm^2 nu trebuie să întreacă valoarea de 0,5 Ω.

În atelierul de asamblare, utilajul cu totul special şi operaţia specifică de montare, faţă de tipul celălalt de elemente, este aceea pe care o execută dispozitivul „degete mecanice", care întinde inelele de vinilin pentru a prinde în ele, cele trei componente ale unui element. După lipirea contactelor şi legarea bateriilor, grupurile de elemente se înfăşoară în hîrtie parafinată.

b) *Materiile prime* folosite sînt aproape în întregime de aceeaşi calitate cu cele folosite la fabricarea bateriilor de elemente galvanice cilindrice. In plus se prevăd următoarele restricţii:

—Tabla de zinc se laminează din zinc electrolitic; se poate însă folosi pentru modelele plate de dimensiuni mari şi calitatea de zinc indicată în STAS 808—809—1955;

— În afară de grafitul folosit pentru pregătirea depolarizantului, pentru executarea stratului bun conducător, care se plachează pe zinc, se foloseşte un grafit de bună calitate (carbon ′= = 95,5% şi Fe_2O_3 = 0,35% maxim).

În compoziţia depolarizantului se include un mic procent de bioxid de mangan articifial pur.

— Clorura de polivinil folosită pentru confecţionarea inelelor ce îmbracă şi separă elementele între ele, trebuie să fie de calitatea polivinil „electrotehnic".

c) *Reţeta de pregătire* a amestecului depolarizant este în funcţie de calitatea materiilor prime ce se folosesc în fabricaţie.

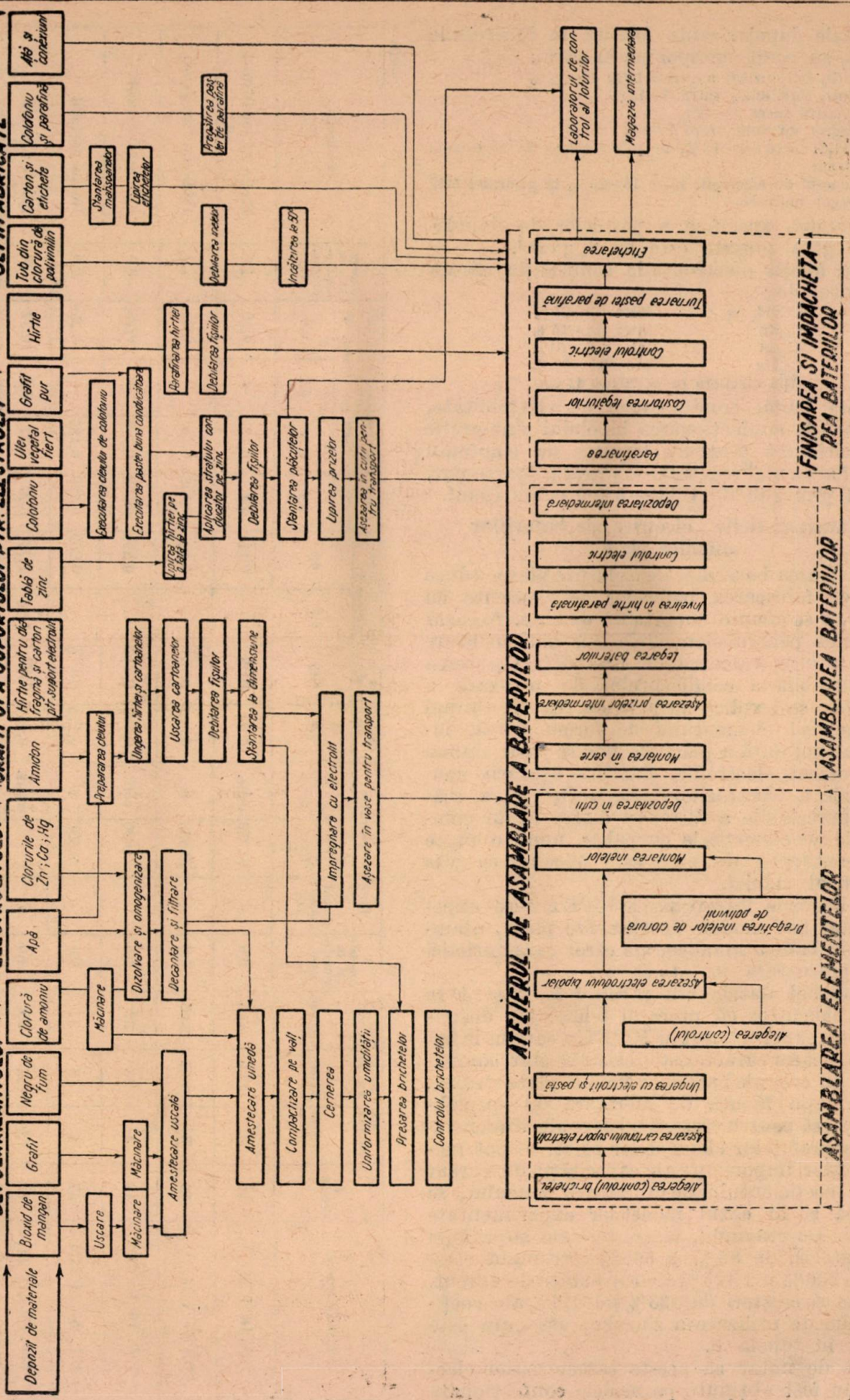


Fig. 2. Schema tehnologică de fabricație a bateriilor galvanice cu elemente plate.

Pastele depolarizante folosite în încercările făcute au avut compoziţii în care:

— MnO_2 (piroluzita) a variat între 80—84%
— MnO_2 (artificial) între 7—10%
— Grafitul între 9—12%
— Negrul de fum între 2—3%
— NH_4Cl între 14—17%, în greutate faţă de amestecul depolarizant
— Adaosul de electrolit între 18—25%, în greutate faţă de întregul amestec.

Greutatea specifică a pastilelor de depolarizant gata presate este de 2 g/cm³.

S-au folosit electroliţi în compoziţia cărora procentul de:

$ClNH_4$ a variat între 8—25%
Cl_2Zn între 10—15%
Cl_2Ca între 5—20%
Cl_2Hg între 0,3—0,5%
Apă distilată (ρ = 20 000 Ω cm).

Pasta bună, conducătoare de electricitate, necesară la confecţionarea bipolului zinc-grafit este alcătuită dintr-un amestec de colofoniu plastifiat cu ulei vegetal fiert şi grafit foarte pur, trecut prin site de 1 600—6 400 ochiuri/cm².

Caracteristicile electrice ale bateriilor anodice plate

Fabricarea bateriilor de elemente plate, aduce faţă de fabricarea bateriilor de elemente cu pahar, o economie importantă de zinc. Această economie pentru elementele cele mai utilizate poate atinge valoarea de 40—60%. Creşterea considerabilă a coeficientului de utilizare a zincului, se explică prin aceea, că în timpul funcţionării elementului de formă plată, întreaga suprafaţă a plăcii de zinc ia parte numai la procesul electrodic, datorită aşezării convenabile a electrozilor „Zn-MnO_2" şi a scăderii apreciabile a distanţei dintre ei, în comparaţie cu elementele cu pahar, unde o parte din cantitatea de zinc este folosită ca vas suport al celulei.

În lucrările întreprinse la ICPET s-au experimentat trei modele de elemente plate, asamblate în baterii anodice, ale căror caracteristici sînt prezentate în tabela 4.

Analizînd datele din tabelele 1, 2 şi 4 se trage concluzia că procesul tehnologic descris anterior, experimentat de ICPET, a condus la baterii ale căror caracteristici electrice sînt comparabile cu cele ale bateriilor anodice plate străine.

Afirmaţia făcută de literatura de specialitate [1] că pentru creşteri relative ale dimensiunilor suprafeţelor elementelor plate, se pot realiza creşteri importante ale capacităţii de curent şi ale coeficientului de utilizare a zincului, se verifică şi în cazul modelelor experimentate de noi. De exemplu, la creşteri ale suprafeţei elementelor, de 82% şi 565% corespund creşteri de 200% şi 1 425% ale capacităţii de curent, precum şi creşteri de 123% şi 161,5% ale coeficientului de utilizare a zincului, aşa cum este arătat în tabela 5.

Este de notat că aceste caracteristici electrice au fost obţinute pe modele confecţionate

Tabela 4

Simbolul bateriei	Nr. elemente	Dimensiunile unui element din baterie mm: grosime	lăţime	lungime	Greutate Zn într-un element, g	Regim de descărcare: Curent constant mA	Rezistenţa fixă, Ω	Nr. ore pe zi	Capacitatea de curent Ah tensiunea finală per element V: 0,9	0,75	0,7	0,6	Capacitatea specifică pe g.Zn, Ah/g — Tensiunea finală per element, V: 0,9	0,75	0,7	0,6	Curent maxim de descărcare, mA	Destinaţia
B.P. 16 I 24	16	3	13,5	23,5	0,6	—	23,356	cont.	0,06	0,08	—	0,114	0,1	0,13	—	0,19	1,2	Radio cu transistori
B.P.16 I 24	16	3	13,5	23,5	0,6	—	23,356	8	0,097	0,107	—	0,12	0,128	0,16	—	0,2	1,2	Radio cu transistori
B.P. 16 II. 24	16	4	18	32	1,0	—	7,000	cont.	0,189	0,248	—	0,299	0,189	0,248	—	0,299	6,0	Aparate medicale
B.P. 57 II 85,5	57	4	18	32	1,0	—	8,500	4	0,116	0,187	—	0,259	0,116	0,187	—	0,259	6,0	Radio portabil
B.P. 60 III 90	60	7,0	42	50	4,5	5	—	cont.	0,95	1,22	1,35	1,73	0,21	0,27	0,3	0,34	20	Radio normal
B.P. 60 III 90	60	7,0	42	50	4,5	15	—	cont.	0,60	1,15	1,21	1,63	0,13	0,25	0,27	0,363	20	Radio normal

Notă. B.P. 16. I. 24: Baterie plată cu 16 element de model I înseriate; f-e-m a bateriei 24 volţi. —

Tabela 5

Creşterea caracteristicilor tehnice, funcţie de suprafaţa elementelor plate

Modelul de element plat executat la ICPET	Suprafaţa, cm²	Creşterea de suprafaţă raportată la modelul I %	Capacitatea unui element, Ah	Creşterea capacităţii de curent Ah raportată la model I, %	Coeficient de utilizare al Zn	Creşterea coeficientului de utilizare al Zn raportată la modelul I, %
I	3,17	—	0,08	—	0,13	—
II	5,76	82	0,24	200	0,29	123
III	21,10	565	1,22	1 425	0,34	161,5

Tabela 6

Tipul elementului	Dimensiuni, mm			Volumul elementului, cm³	Grosimea tablei zinc, mm	Greutatea zincului, g	Capacitatea de curent Ah	Capacitatea specifică de volum Ah/cm³	Capacitatea specifică pe gram de Zn, Ah/g
	înălţime	lăţime	lungime (diametru)						
Cilindric model B	56	—	19,6	17,25	0,35	10	1,2	0,0695	0,12
Plat din bateria B.P. 60 III 90	7,0	43	51	15,3	0,35	4,5	1,22	0,0798	0,271

cu zinc electrotehnic de tip R (Zn% = 98,86; Fe% = 0,03; Pb% = 1,04) şi că în tabelele prezentate, s-a luat în considerare capacitatea de curent calculată pînă la tensiunea finală de 0,75 V pe element.

În altă ordine de idei, în tabela 6 se prezintă comparativ caracteristicile elementului cilindric de tip B, cu care se asamblează în prezent bateriile anodice şi caracteristicile elementului plat model III, care se pretează la asamblarea bateriilor anodice pentru aparatele de radio fabricate în ţară.

Se observă că pentru aceeaşi capacitate de curent, în cazul fabricării bateriilor anodice cu elemente plate, se realizează o creştere a capacităţii specifice per gram de zinc cu 125%, ceea ce înseamnă de fapt o reducere cu 55% a consumului de zinc pentru 1 Ah debitat.

În aceste condiţii volumul unui element scade cu 11% şi ceea ce este mai important, în ansamblul bateriilor anodice construite cu elemente plate, se reduc total spaţiile neutilizate dintre elementele cilindrice ale bateriilor fabricate în prezent şi calculînd în medie, pentru baterii anodice de 90V, 100V, 120V, 150V, reducerea volumului atinge cifra de 35%.

Concluzii

O privire comparativă asupra fabricaţiei bateriilor de elemente cilindrice şi asupra fabricaţiei bateriilor de elemente plate, conduce la următoarele concluzii:

— Procesul tehnologic pentru fabricarea bateriilor plate este mai simplu şi comportă operaţii care se pot mecaniza şi automatiza cu mai multă uşurinţă.

— Acest proces tehnologic oferă posibilitatea reducerii considerabile a consumului de zinc şi a reducerii volumului produselor fabricate.

— Este de notat că în acest caz se impune exigenţă atît în privinţa calităţii şi omogenităţii materiilor prime, cît şi a operaţiilor curente, pentru preîntîmpinarea fenomenelor accentuate de autodescărcare în timpul depozitării produselor.

Bibliografie

[1] *Socevaanov B. G.*: Elemente galvanice, Moscova, 1951.
[2] *Drotschmann C.*: Moderne Primärbatterien, Ed. Branz Berlin, 1951.
[3] *Winal G. W.*: Primary batteries, Ed. Dunnood, Paris, 1953.
[4] *Pesty Laslo*: Galvanelemek, Budapesta, 1955.
[5] *Brenet M. J.*: Quelques problèmes scientifiques essentiels de cellules électrochimiques au bioxyde de manganèse, R. G. E. (1956) 1, p. 61—63.
[6] *Euler Joachim*: Zum Mechanismus der Leclanché Zellen, Zeitschrift fur Elektrochemie, 60(1956)9/10.
[7] Norme DIN nr. 40851 şi 40852.
[8] Catalog I-K.A. Belfa, Berlin 1956.
[9] GOST 7534—55.
[10] STAS 808—809—1955.

Materiale magnetic moi pe bază de ferite

VASILE IVAŞCU şi VALENTIN TANACH — Bucureşti*)

Feritele sînt materiale magnetice noi care se folosesc din ce în ce mai mult în industria electrotehnică. In articol sînt prezentate feritele utilizate ca materiale magnetic moi.

CF 621.318.322

Dintre materialele noi pe care industria electrotehnică din întreaga lume le-a introdus recent în componenţa aparatelor şi dispozitivelor pe care le fabrică, fac parte feritele. Acestea sînt materiale magnetic moi sau dure, nemetalice, obţinute prin sinterizare, folosind procedee ceramice.

Ele sînt caracterizate printr-o mare rezistivitate electrică, ceea ce reduce practic la zero curenţii turbionari şi face astfel posibilă utilizarea lor la frecvenţe înalte. Pentru asemenea frecvenţe s-au folosit pînă în prezent materiale magnetodielectrice de tipul ferocartului, format dintr-o pulbere metalică feromagnetică în care granulele sînt aglomerate cu ajutorul lianţilor dielectrici. Din cauza cantităţii reduse a materialului feromagnetic în raport cu cel dielectric, reducere care progresează pe măsura creşterii frecvenţei aplicate, permeabilitatea ferocartului este mică, acesta devenind ineficace la frecvenţe înalte.

Un alt avantaj al materialelor magnetice nemetalice de tip ferit este costul relativ redus al materiei prime utilizate la fabricarea lor. Din cele trei metale feromagnetice — fierul, nichelul şi cobaltul — doar fierul se găseşte în cantităţi mari, celelalte două fiind deficitare şi utilizarea lor în alte domenii în afara celui de aplicaţii magnetice, fiind indispensabilă. Or, noile materiale magnetice evită complet sau parţial utilizarea celor două metale deficitare, nichel şi cobalt.

În acest articol se vor trata proprietăţile magnetice ale feritelor, aplicaţiile lor, precum şi unele date privind procesul tehnologic de fabricare.

Subliniem că articolul va trata numai domeniul feritelor utilizate ca materiale magnetic moi, feritele dure utilizate ca magneţi permanenţi, formînd obiectul articolului [1].

1. **Structura şi proprietăţile magnetice ale feritelor.** Feritele sînt materiale de tip oxidic, cuprinzînd oxid de fier, cu rezistivitate electrică foarte mare, ceea ce permite utilizarea lor în bune condiţii în înaltă frecvenţă, deoarece pierderile prin curenţi turbionari sînt foarte reduse. Primul material de acest tip cunoscut de multă vreme este magnetita (Fe_3O_4) care este o ferită de fier ($Fe^{II}\ Fe_2^{III}\ O_4$). Din cauza rezistivităţii electrice relativ scăzute a acestei ferite (este de circa 1 000 ori mai mare decît a fierului) ea nu a fost utilizată practic. Celelalte ferite s-au obţinut prin înlocuirea în magnetită a ionului de fier bivalent cu ionii altor metale bivalente (Cu, Mn, Ni etc.). Aceste ferite au o rezistivitate mult mai ridicată (de $10^4 - 10^{11}$ ori mai mare decît a fierului). În 1909, Hilpert a încercat să realizeze o serie de ferite dar calităţile lor fiind slabe s-a renunţat la cercetarea în continuare a acestor materiale. De abia în 1933, la uzinele Philips din Eindhoven (Olanda) [2], au fost reluate cercetările care au dus la rezultate excepţional de interesante şi valoroase şi de atunci în întreaga lume aceste materiale sînt cercetate şi fabricate, aplicaţiile lor devenind din ce în ce mai extinse.

Cele mai numeroase ferite au o structură asemănătoare cu aceea a spinelului ($MgAl_2O_4$), adică o structură simplă cristalină cubică. Un spinel ideal are o compoziţie de tipul XY_2O_4 unde X şi Y sînt ioni metalici identici sau diferiţi. Suma valenţelor pozitive la un ion X şi doi ioni Y trebuie să fie de 8 unităţi [3]; aceasta permite combinaţiile de valenţe VI—I, IV—II, II—III, prima şi a doua cifră reprezentînd valenţele ionilor X şi Y respectiv. Feritele cu structura spinelică sînt de tipul II—III. Reţeaua unui spinel este formată din ioni de oxigen iar ionii metalici sînt cuprinşi în interstiţiile dintre ionii de oxigen. Ionii metalici pot fi situaţi în două poziţii: cînd sînt înconjuraţi fiecare de cîte 4 ioni de oxigen sînt în poziţie tetraedrică (interstiţii tetraedrice) şi cînd sînt înconjuraţi de cîte 6 ioni de oxigen sînt situaţi în poziţie octaedrică (interstiţii octaedrice).

În fig. 1 se reprezintă în mod intuitiv o secţiune paralelă cu una din feţele cubului (de exemplu cea superioară). Pentru claritatea reprezentării se arată în figură şi acei cationi sau anioni care nu se află în planul figurii ci imediat deasupra (notaţi cu indicele p sau P şi sub plan (notaţi cu q sau Q).

Se constată din fig. 1 că, cationii din interstiţiile octaedrice formează lanţuri continue, străbătînd drept reţeaua cu o distanţă relativ mică între ionii adiacenţi.

Spinelul normal este compus din 8 ioni X şi 16 ioni Y distribuiţi în 8 interstiţii tetraedrice şi 16 octaedrice. Este deci natural să găsim ionii X în interstiţiile tetraedrice şi cei Y în cele octaedrice. În cazul acesta structura

*) Ing. V. Ivaşcu este şef de laborator la I.C.P.E.T.
Ing. V. Tanech este cercetător principal la I.C.P.E.T.

spinelului este numită „normală" şi acesta este cazul feritei de Zn ($Zn^{II}Fe_2^{III}O_4$) şi feritei de Cd ($Cd^{II}Fe_2^{III}O_4$). Celelalte ferite cu structură spinelică, se deosebesc însă în repartiţia ionilor

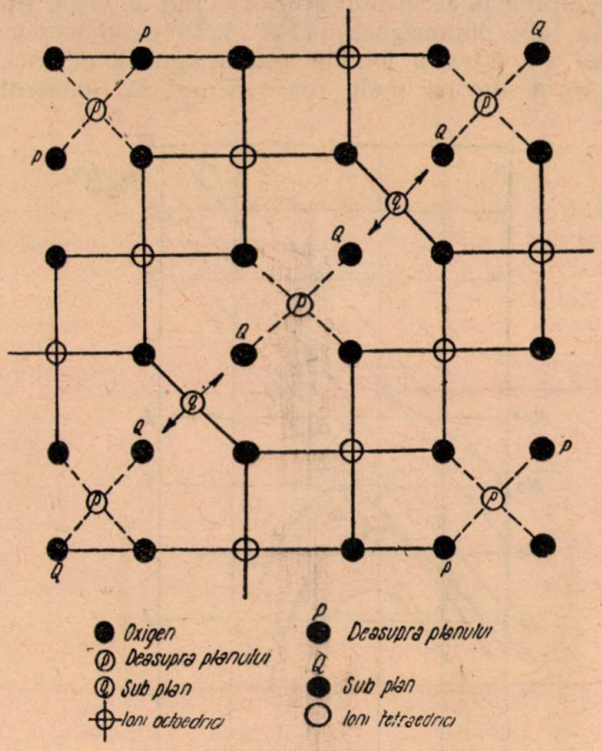


Fig. 1. Structura spinelului [2].

şi anume din cei 16 ioni Y, 8 ocupă interstiţii octaedrice şi 8 cele tetraedrice, restul de 8 interstiţii octaedrice fiind ocupate de ioni X. Această structură este numită „inversă" şi se întîlneşte la magnetită ($Fe^{II}Fe_2^{III}O_4$), ferita de magneziu ($Mg^{II}Fe_2^{III}O_4$), ferita de cupru ($Cu^{II}Fe_2^{III}O_4$), ferita de cobalt ($Co^{II}Fe_2^{III}O_4$) ferita de nichel ($Ni^{II}Fe_2^{III}O_4$) sau la ferita de mangan ($Mn^{II}Fe_2^{III}O_4$) [4].

Interesant este că feritele cu structură spinelică normală sînt diamagnetice în timp ce cele cu structură inversă sînt magnetice. S-a constatat, prin studiu röntgenografic, că spinelii inverşi au o constantă a reţelei cu circa 0,07Å mai redusă decît spinelul normal cu aceeaşi cationi. De asemenea, la magnetită, s-a observat că în interstiţiile octaedrice sînt aşezaţi în mod alternativ ioni Fe^{II} şi Fe^{III} ceea ce permite un schimb relativ uşor de electroni între ioni şi explică conductibilitatea mai ridicată a magnetitei în raport cu alte ferite.

Se ştie că, în general, feromagnetismul se explică prin acţiunea cîmpului molecular al lui Weiss asupra spinilor electronici necompensaţi în interiorul unui domeniu. Manifestările magnetice ale feritelor se datoresc, în fond, tot prezenţei spinilor electronici necompensaţi în atomii metalici din reţeaua cristalină, asupra cărora acţionează cîmpul molecular al lui Weiss. Interesant este, că atît în cazul feritelor cît şi în cazul materialelor feromagnetice comune, magnetizarea de saturaţie la temperaturi scăzute (unde, deci, putem neglija agitaţia termică) este mai redusă decît aceea care ar rezulta din însumarea momentelor magnetice libere ale spinilor electronici necompensaţi. Dacă în cazul feromagneticilor aceasta se poate explica prin aportul electronilor liberi la conductibilitatea electrică, la ferite aceasta nu poate fi o explicaţie, datorită caracterului de dielectric al acestor materiale (determinat de prezenţa ionilor de oxigen distribuţi în reţea). Explicaţia acestui fapt este dată prin teoria lui Néel asupra antiferomagnetismului şi ferimagnetismului [5,6]. Néel nu face nici o presupunere asupra mecanismului de cuplaj între spinii ionilor paramagnetici din reţeaua feritei, punînd acest cuplaj pe seama cîmpurilor magnetice moleculare echivalente ale lui Weiss. Mai tîrziu vom lămuri şi caracterul acestui cuplaj. Pentru simplificarea teoriei, Néel consideră o ferită de tipul XY_2O_4 unde ionii X sînt diamagnetici şi ionii Y care constau din Fe^{3+} se află în ambele tipuri de interstiţii, tetraedrice şi octaedrice. În acest caz, un ion Y din interstiţiile tetraedrice (poziţiile A) se află sub acţiunea ionilor vecini din aceleaşi poziţii şi sub acţiunea ionilor din interstiţiile octaedrice (poziţiile B).

Cîmpul echivalent al lui Weiss care acţionează asupra unui ion A (adică un ion Y în poziţia A) se presupune de forma [3]

$$h_a = n(\alpha\lambda\bar{I}_a + \varepsilon\mu\bar{I}_b) \qquad (1)$$

şi similar pentru un ion B (adică un ion Y în poziţia B):

$$h_b = n(\beta\mu\bar{I}_b + \varepsilon\lambda\bar{I}_a) \qquad (2)$$

în care

$\bar{I}_a$ este magnetizarea pe gram ion datorită numai ionilor în poziţia A:

$\bar{I}_b$ — magnetizarea pe gram ion datorită numai ionilor în poziţia B;

n — constantă pozitivă;

λ — fracţiunea ionilor Y în poziţiile A;

μ — fracţiunea ionilor Y în poziţiile B ($\lambda + \mu = 1$);

α, β — constante pozitive în cazul interacţiunii feromagentice în interiorul poziţiilor A sau B (adică orientarea spinilor în acelaşi sens) şi negative în cazul interacţiunii antiferomagnetice (adică orientarea spinilor în sens contrar);

$\varepsilon = +1$ în cazul interacţiunii feromagentice între ionii din poziţiile A şi cei din poziţiile B;

$\varepsilon = -1$ în cazul interacţiunii antiferomagnetice între ionii din poziţiile A şi cei din poziţiile B.

Din cauza interacțiunilor dintre ionii vecini din aceeași poziție sau din poziții diferite, magnetizările pe gram-ion $\bar{I}_a$ și $\bar{I}_b$ diferă între ele și de valoarea obținută pentru ionul Fe^{3+} din măsurători separate.

Magnetizarea medie pe gram-ion este:

$$\bar{I} = \lambda \bar{I}_a + \mu \bar{I}_b \qquad (3)$$

unde se presupune adunare vectorială.

În cazul aplicării unui cîmp magnetic exterior H, se poate presupune că magnetizarea rezultată va urma legea Curie deosebit pentru ionii A și deosebit pentru ionii B:

$$I_a = \frac{C(H + h_a)}{T} \qquad (4)$$

$$I_b = \frac{C(H + h_b)}{T} \qquad (5)$$

unde C este constanta Curie, la temperaturi mai ridicate, iar T este temperatura absolută.

În domeniul de temperaturi superioare temperaturii Curie, unde nu mai are loc magnetizarea spontană, putem să soluționăm ecuațiile (1—4) pentru a obține susceptibilitatea paramagnetică rezultantă în funcție de parametrii materialului. Cînd $\varepsilon = -1$, găsim:

$$\frac{1}{x} = \frac{H}{I} = \frac{T}{C} + \frac{1}{x_0} - \frac{\sigma}{T - \theta} \qquad (6)$$

în care:

$$\frac{1}{x_0} = n\,(2\lambda\mu - \lambda^2\alpha - \mu^2\beta) \qquad (7)$$

$$\sigma = n^2 C \lambda\mu\,[\lambda(1 + \alpha) - \mu(1 + \beta)^2] \qquad (8)$$

$$\theta_p = nC\lambda\alpha(2 + \alpha + \beta) \qquad (9)$$

Curba $\frac{1}{x}$ întîlnește axa T la temperatura θ_p, dată de:

$$\theta_p = -\frac{1}{2} nC[\lambda\alpha + \mu\beta + \{(\lambda\alpha - \beta\mu)^2 + 4\lambda\mu\}^{1/2}] \qquad (10)$$

Dacă θ_p este pozitiv, ne putem aștepta la magnetizarea spontană a materialului la temperaturi mai mici decît θ_p; în caz contrar, ferita rămîne paramagnetică la toate temperaturile. Cazul lui θ_p pozitiv ne conduce la un tip de feromagnetism chiar dacă interacțiunea între ionii din pozițiile A și B este negativă ($\varepsilon = -1$), ceea ce corespunde aranjamentului antiparalal ionilor în cele două poziții. Néel a numit acest tip de feromagnetism „ferimagnetism". Ecuația (10) se aplică de asemenea cînd $\varepsilon = +1$ și ecuația (6) are aceeași formă, dar X_0, σ și $\theta\sigma$ se modifică oarecum. Considerînd mai departe domeniul de temperaturi în care se petrece magnetizarea spontană, mărimea rezultantei totale a magnetizării spontane devine:

$$\bar{I}_s = |\lambda \bar{I}_{as} + \varepsilon\mu \bar{I}_{bo}|\,. \qquad (11)$$

Din teoria lui Néel, antiferomagnetismul rezultă ca un caz particular de feromagnetism, în care $\varepsilon = -1$, $\lambda = \mu$ și $\alpha = \beta$.

Așa cum s-a arătat mai sus, teoria expusă se aplică în cazul unui spinel avînd un singur tip de ioni paramagnetici (Fe^{3+}). În cazul prezenței în rețea a ionilor paramagnetici diferiți, teoria devine mult mai complexă, numărul

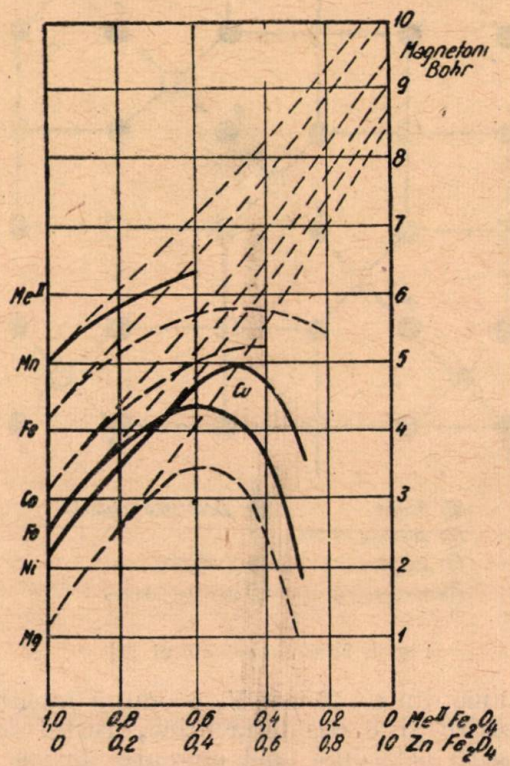


Fig. 2. Variația magnetizării de saturație în funcție de conținutul de ferită de Zn pentru ferite mixte [2].

interacțiunilor crescînd de la 3 la 10 și numărul variabilelor și mai mult. Se constată practic că mecanismul teoriei lui Néel se aplică și acestor cazuri.

Teoria feritelor mixte a fost dezvoltată de Gorter și Guillaud. Gorter a experimentat și măsurat variația magnetizării spontane a feritelor mixte de Mn, Fe, Cr, Ni, Cu, Mg și Li cu ferita de Zn, într-o gamă de compoziții de la 0 la circa 75 procente atomice Zn, cu rezultatele arătate în fig. 2.

Magnetizarea este măsurată în număr de magnetoni Bohr pe moleculă de ferită-mixtă de tipul $M_xZn_{1-x}Fe_2O_4$, unde M este un metal bivalent deosebit de Zn și x este proporția fracțională atomică din acest metal. Cum numărul magnetonilor Bohr reprezintă numărul net de spini electronici necompensați care se pot orienta într-un cîmp magnetic, se vede din fig. 2 că în toate cazurile cînd $x = 1$, magnetizarea este cu mult mai mică decît aceea care ar rezulta în cazul în care toți spinii necompensați s-ar orienta paralel. Astfel în ferita de nichel, $NiFe_2O_4$, momentul magnetic total

liber ar fi de 2 + 5 + 5 = 12 magnetoni Bohr pe moleculă, în comparație cu 2,3 cît este valoarea obținută. Aceasta se explică ținînd seama de structura inversă a spinelului de $NiFe_2O_4$, cu 8 cationi Fe^{3+} în pozițiile B și 8 în A iar restul de 8 ioni Ni^{2+} fiind în pozițiile B. În cadrul acestui spinel se manifestă feromagnetismul conform teoriei lui Néel, deoarece între pozițiile A și B avem o interacțiune negativă care orientează spinii antiparalel, ea fiind suficient de puternică pentru a împiedica orientarea antiparalelă a spinilor în interiorul pozițiilor A, respectiv B, aceștia din urmă fiind orientați paralel între ei. Momentul magnetic al ionilor de Fe^{3+} se compensează din cauza orientării antiparalele a spinilor din pozițiile A față de B, rămînînd necompensat momentul magnetic rezultant al ionilor de Ni^{2+}, adică 2 magnetoni Bohr pe moleculă. De ce atunci experimental se obține o valoare superioară și anume 2,3 magnetoni pe moleculă? Există pentru aceasta două explicații posibile. Prima ar fi contribuția momentului magnetic adițional produs de mișcarea orbitală a electronilor impari din stratul $3d$, care se întîlnește la Fe^{2+}, Co^{2+} și Ni_3^+, dar nu se întîlnește la Mn^{2+} ceea ce concordă cu experiența (la ferite de Mn se măsoară o magnetizare exactă de 5 magnetoni). A doua explicație rezultă din teoria lui Néel asupra ferimagnetismului. Structura feritei nu este practic pur inversă. Este suficient în cazul acesta să se transpună un ion Ni^{2+} din pozițiile B în A, cu un transfer corespunzător al unui ion Fe^{2+} din A în B, ca momentul magnetic total pe moleculă să crească cu 3 magnetoni Bohr (5—2). Dacă acest transfer are loc numai pentru 5% din numărul total de ioni de Ni^{3+} din rețeaua cristalină, vom avea o creștere a magnetizării de 0,3 magnetoni pe moleculă. Menționăm că acest transfer în proporție de 5% a ionilor nu poate fi observat cu tehnica actuală a razelor X.

Din fig. 2 se vede că magnetizarea crește pe măsură ce crește procentul de ioni de Zn^{2+} în ferită. Ionul de Zn^{2+} are stratul 3 d completat cu electroni și, deci, este diamagnetic. În baza argumentației de mai sus, s-ar deduce că o dată cu înlocuirea ionilor feromagnetici de Ni^{2+} cu ionii diamagnetici de Zn^{2+}, magnetizarea descrește permanent, tinzînd spre zero, la substituția totală a nichelului cu zincul, ceea ce nu concordă cu realitatea. În realitate, după cum se observă din fig. 2, magnetizarea crește pînă la un maxim pentru un anumit procent de Zn^{2+} și apoi scade spre zero. Ținînd seama că ferita de nichel are structura inversă în timp ce aceea de zinc are structura normală, înseamnă că la înlocuirea nichelului cu zincul trebuie să se formeze o structură de tranziție. Ionul de Zn^{2+} adăugat merge în poziția A dislocuind un ion de Fe^{3+} care se transferă în poziția B în locul ionului de Ni^{2+} pe care l-am înlocuit cu Zn^{2+}. Dacă așezările relative ale ionilor în pozițiile A și B ar rămîne neschimbate, pe măsură ce are loc substituția cu Zn ar trebui ca magnetizarea totală să tindă spre 10 magnetoni Bohr pe moleculă, deoarece în ferita de Zn, toți ionii de Fe^{3+} ocupă pozițiile B, în timp ce Zn^{2+} ocupă pozițiile A. Din fig. 2 se vede de altfel că curba creșterii magnetizării la toate feritele mixte tinde spre 10 magnetoni pe măsura substituției. Totuși, în realitate, la procente mai mari de ioni de Zn^{2+}, interacțiunea $A-B$ slăbește, ceea ce favorizează interacțiunea negativă $B-B$ avînd ca urmare orientarea antiparalelă a ionilor de fier între ei în interiorul pozițiilor B și micșorarea magnetizării totale. În cazul feritei de Zn pure ionii de Fe^{3+} din pozițiile B sînt orientați antiparalel, astfel încît momentul magnetic total al feritei este nul.

Cînd s-a prezentat teoria lui Néel s-a arătat că el nu a făcut presupuneri speciale asupra naturii cîmpului molecular echivalent al lui Weiss, care acționează în interiorul rețelei spinelice a feritelor. Totuși, Verwey și mai tîrziu Néel, au căutat să explice natura acestui cîmp tot pe baza teoriei lui Heisenberg asupra interacțiunii de schimb între spinii electronici, aplicabilă în cazul materialelor feromagnetice. Aici s-a întîmpinat însă dificultăți mari. Într-o structură tipică de spinel cu latura cubului celulei unitare de 8,40 Å, distanțele dintre pozițiile centrelor ionilor celor mai apropiați sînt: distanța $A-A = 3{,}65$ Å, $A-B = 3{,}48$ Å, $B-B = 2{,}97$ Å. Ori, în fierul α (forma normală feromagnetică) cea mai apropiată distanță între centre este 2,86 Å, adică mai mică decît distanța minimă între ionii feritelor. Ar însemna de aici, știind că spinii liberi din ionii de fier se orientează paralel, ca, în conformitate cu teoria lui Heisenberg, cu atît mai mult spinii ionilor din ferite să se orienteze paralel, în timp ce în realitate, știm că o parte din acești spini se orientează antiparelel. În rezolvarea acestei probleme, au venit două teorii.

Teoria „interacțiunii de supraschimb" a lui Kramer. Anderson și Van Vlek prevede cuplajul spinic între ionii magnetici datorită electronilor excitați din ionii de oxigen intermediari, astfel încît aceștia joacă rolul unor relee. Conform acestei teorii, un ion de O^{2-} excitat, cedează un electron unui ion metalic din rețea. Spinul electronic cedat se va așeza antiparalel cu spinii electronici liberi ai ionului metalic, deoarece acesta are totdeauna stratul $3d$ ocupat cel puțin pe jumătate. Ionul de oxigen a rămas de forma O^- cu un spin necompensat (deoarece în starea normală stratul $2p$ este complet cu șase electroni, iar prin pierderea unui electron a devenit $2p^{5-}$), comportîndu-se ca un ion paramagnetic, spinul său necompensat fiind orientat antiparalel cu cel trecut în ionul metalic și, deci paralel cu spinii proprii

ai ionului metalic. Ionul de O^- este capabil să interacționeze cu ionii metalici vecini pe baza teoriei schimbului. Cum distanțele de la centrul ionilor de oxigen la cei metalici sînt de 1,9 Å pentru pozițiile A și 2,1 Å pentru pozițiile B, ele sînt suficient de reduse pentru a permite alinierea antiparalelă a spinilor ionilor metalici și a celor de oxigen. Deci spinii ionului metalic care a primit un electron de la ionul de oxigen fiind aliniați paralel cu spinul ionului de oxigen, iar acesta la rîndul său antiparalel cu spinii altui ion metalic vecin, înseamnă că spinii ionilor metalici vor fi aliniați antiparalel între ei, așa cum reiese din teoria lui Néel.

A doua teorie expusă de Zener (1951) este teoria „dublului schimb" care prevede transferul simultan al unui electron de la un ion metalic la un ion vecin de oxigen și al unui alt electron de la același ion de oxigen la ionul de metal vecin, cu o preferință ca și în supraschimb, pentru ionii de metal diametral opuși în raport cu stratul $2p$ al ionului de oxigen. Dublul schimb se produce probabil la temperaturi normale numai în cazul cînd ionii de metal sînt ioni simpli ai aceluiași element cu diferite valențe, ca în cazul cristalelor mixte de tip perovschit cu Mn sau în magnetită.

2. Procesul de magnetizare în ferite. Pentru a cerceta procesul de magnetizare a feritelor, trebuie să analizăm mai întîi fenomenele care influențează acest proces și anume anizotropia cristalină de tensiune și de formă.

2.1. *Anizotropia cristalină.* În fiecare cristal, momentul magnetic al fiecărui spin tinde să se orienteze într-o anumită direcție determinată de mărimea anizotropiei cristaline. Această direcție (sau direcții) este direcția de magnetizare ușoară. Magnetizarea cristalului prin orientarea spinilor în alte direcții decît aceea a magnetizării ușoare necesită o cheltuială de energie care este cu atît mai mare cu cît unghiul format de direcția cîmpului aplicat față de direcția magnetizării ușoare este mai apropiat de 90°. Această energie, pentru cristalele cubice poate fi pusă sub forma:

$$E_c = K_1 (\alpha_x^2 \alpha_y^2 + \alpha_x^2 \alpha_z^2 + \alpha_y^2 \alpha_z^2) + K_2 (\alpha_x^2 \alpha_y^2 \alpha_z^2) + \ldots \quad (12)$$

în care α_x, α_y, α_z sînt cosinusurile unghiurilor între direcția de magnetizare și axele cristalului x, y, z. Constantele K pot fi pozitive sau negative. Neglijînd K_2, cînd $K_1 > 0$, direcțiile preferențiale de magnetizare care vor corespunde unui $E_c = \min$ vor fi direcțiile [100] ale cristalului, ceea ce se întîmplă, de exemplu, în cazul fierului α. La ferite, $K_1 < 0$ în general, deci direcția preferențială va fi direcția [111] (diagonala cubului). Cîteva valori ale lui K_1 sînt arătate în tabela 1.

2.2. *Anizotropia de tensiune.* Se cunoaște fenomenul de magnetostricțiune care are loc la magnetizarea longitudinală a unei bare feromagnetice. Lungimea acestei bare descrește sau crește în timpul magnetizării. Raportul $\frac{dl}{l} = \lambda$ poartă numele de coeficient de magnetostricțiune care poate fi negativ sau pozitiv după

Tabela 1

Cristal	$K_1 \times 10^{-5}$ (erg/cm³)
Fe	+ 5
Ni	+ 0,6
$MnFe_2O_4$	− 0,03
$Fe^{II}\ Fe_2O_4$	− 1,1
$CoFe_2O_4$	+38
$NiFe_2O_4$	0,62

cum are loc un fenomen de descreștere, respectiv creștere a lungimii barei. La aplicarea unei tracțiuni σ, direcția tracțiunii coincide cu direcția preferințială de magnetizare, dacă $\lambda > 0$, pe cînd dacă $\lambda < 0$, direcțiile preferințiale de magnetizare vor fi perpendiculare pe direcția tracțiunii. La saturație, coeficientul de magnetostricțiune este λ_s și anizotropia de tensiune $\left(\frac{3}{2}\right) \lambda_s \sigma$. Unele valori pentru λ_s sînt date în tabela 2.

După cum se vede din tabela 2, feritele au magnetostricțiune negativă, în afară de magnetită. Anizotropia de tensiune este foarte importantă deoarece ea poate fi generată de ten-

Tabela 2

Cristalul	$\lambda_s \times 10^6$
$MnFe_2O_4$	− 5
$Fe^{II}\ Fe_2O_4$	+ 41
$NiFe_2O_4$	−26
$CuFe_2O_4$	−10
$MgFe_2O_4$	− 6
$Li_{0,5}Fe_2O_4$	− 1

siunile interne ale materialului care creează astfel un sistem de magnetizare ușoară și grea care se poate suprapune peste cel creat de anizotropia cristalină, uneori depășindu-l în importanță. Deoarece tensiunile interne fac materialul dificil la magnetizare, la materialele magnetic dure tensiunile interne se introduc în mod special, în timp ce la cele moi ele sînt evitate cu grije. Este însă imposibil a se evita în întregime aceste tensiuni, de aceea pentru a reduce efectul lor este indicat a se folosi materiale cu λ redus. Pentru a se reduce λ se combină uneori materiale cu magnetostricțiune pozitivă și negativă. Feritele denumite Ferroxcub III sînt ferite Mn — Zn cu magnetostricțiune practic zero.

Magnetostricțiunea descreşte cu temperatura, dar mai încet decît anizotropia cristalină (în cele mai multe cazuri).

2.3. *Anizotropia de formă.* Într-o piesă de material feromagnetic magnetizată se formează poli liberi la suprafață care creează un cîmp demagnetizant în material, a cărui valoare depinde de forma piesei. Într-un elipsoid, cîmpul demagnetizat este omogen şi energia de demagnetizare este

$$E_d = \frac{1}{2}(N_x I_x^2 + N_y I_y^2 + N_z I_z^2) \qquad (13)$$

în care N_x N_y şi N_z sînt coeficienții de demag. netizare pe direcțiile x, y şi z şi I_x, I_y şi I_z sînt proiecțiile lui I pe aceste direcții. Componentele cîmpului demagnetizant sînt $N_x I_x$ etc. Suma $N_x + N_y + N_z = 4\pi$. Diversele valori luate de coeficienții de demagnetizare pe cele trei direcții, în cazul corpurilor magnetizate indicate, se dau în tabele 3.

Tabela 3

Corpuri feromagnetice magnetizate	N_x N_y N_z
Pentru un ac subțire lung în direcția z	2π 2π 0
Pentru o placă subțire mare cu direcția z în sensul grosimii	0 0 4π
Pentru o sferă	$(4/3)\pi(4/3)\pi(4/3)\pi$

În tabela 4 se dau valorile lui $4\pi I_s$ la temperatura camerei pentru feritele complet dense.

Tabela 4

Ferite	$4\pi I_s$ (gauss)
$MnFe_2O_4$	5 200
$Fe^{II}Fe_2O_4$	6 000
$CoFe_2O_4$	5 000
$NiFe_2O_4$	3 400
$CuFe_2O_4$	1 700
$MgFe_2O_4$	1 400
$Li_{0,5}Fe_{2,5}O_4$	3 900

Prezența porilor sau a incluziunilor nemagnetice în material provoacă de asemenea cîmpuri demagnetizante deoarece pe suprafața porului sau incluziunii se creează poli liberi. Din acest motiv prezența fazei nemagnetice $\alpha - Fe_2O_3$ în ferite, care se prezintă sub formă de plăci mari subțiri produce cîmpuri demagnetizante mai puternice decît porii sferici, pe lîngă faptul că contribuie la creşterea tensiunilor interne, deci a anizotropiei de tensiune.

Pentru obținerea unei permeabilități mari a feritelor trebuie să avem o densitate cît mai mare a materialului, iar $\lambda = 0$ şi $K_1 = 0$. Densitatea mare implică o porozitate mică şi o valoare mare a lui I_s, ceea ce măreşte permeabilitatea în ambele procese de magnetizare, fie prin deplasarea pereților, fie rotațional. O magnetostricțiune λ mică micşorează anizotropia de tensiune şi pentru $K_1 \simeq 0$ anizotropia cristalină se reduce la minimum. Aceasta favorizează de asemenea ambele procese de magnetizare. Se poate realiza $\lambda = 0$ fie prin soluții solide ale feritelor cu $\lambda < 0$ şi Fe_3O_4 care are

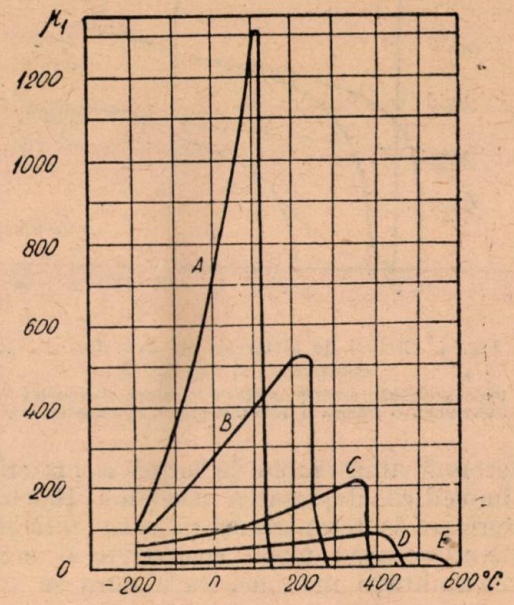


Fig. 3 Permeabilitatea inițială în funcție de temperatură pentru seria de ferite Ni-Zn cu compoziția Ni_{1-a} Zn_a Fe_2O_4:
A — pentru $a \approx 0,66$; B — pentru $a \approx 0,5$; C — pentru $a \approx 0,34$; D — pentru $a \approx 0,2$; E — pentru $a \approx 0$ [5]

$\lambda > 0$, fie prin realizarea unor ferite cu punctul Curie nu mult ridicat față de temperatura camerei. Acest lucru se poate obține la ferite mixte de Zn, în care creşterea procentajului de zinc coboară treptat punctul Curie [3]. În ce priveşte K_1, de asemenea el poate fi micşorat prin realizarea unor soluții solide într-o ferită cu $K_1 < 0$ şi ferita de cobalt care au $K_1 > 0$. Prin reducerea lui λ la zero, în mod practic (prin incorporarea a cîteva procente de Fe_3O_4 în ferite de MnZn) Snoekck a găsit pentru acestea o permeabilitate inițială de circa 3 000. Cauza creşterii permeabilității în ferite mixte de Zn pare a nu fi numai descreşterea punctului Curie, ci faptul că prezența zincului micşorează anizotropiile chiar la temperaturi mult inferioare punctului Curie, după cum se poate trage concluzia din diagrama indicată în fig. 3.

În ceea ce priveşte densitatea, ea se poate obține prin ridicarea temperaturii de sinterizare. Snoekck a arătat că aceeaşi compoziție $Ni_{0,3}$ $Zn_{0,7}$ Fe_2O_4 care are o permeabilitate inițială ridicată, are $\mu_1 \approx 80$ cînd se sinterizează la o temperatură joasă de 1 000°C. Totuşi Wijn a arătat că la feritele de compoziția $Ni_{0,66}$ $Zn_{0,34}$ Fe_2O_4 nu se constată nici o diferență în permeabilitatea inițială, atunci cînd se sinterizează la 1250° sau la 1460°C. Explicația dată

de Gorter în acest caz este formarea ionilor Fe^{2+} şi a unei faze cubice secundare care acţionează în acelaşi mod ca şi porii cu aer. După cum ştim porii cu aer sau incluziunile

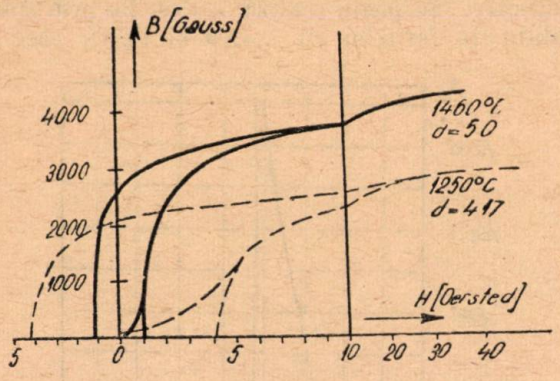


Fig. 4. Cicluri de histerezis ale unei ferite NiZn, compoziţia C din fig. 5:
Curba punctată — arderea la 1250°C în oxigen, porozitatea 23%; curba plină — arderea la 1460°C în oxigen, porozitatea 12% [5].

determină anizotropia de formă a materialului şi împiedică deplasarea pereţilor Bloch. Prin sinterizare la temperaturi ridicate însă se constată micşorarea forţei coercitive şi creşterea permeabilităţii maxime, după cum se vede în fig. 4.

Diferenţa dintre panta curbei de magnetizare $B = f(H)$ şi panta cu totul diferită la terizare este mai coborîtă. La temperaturi mai mari de sinterizare prin micşorarea porozităţii materialului deplasarea pereţilor are loc mult mai uşor, ceea ce micşorează forţa coercitivă a materialului.

Alura curbei $B = f(H)$ este determinată de deplasările pereţilor domeniilor magnetice. Acestea pot fi influenţate de existenţa unor tensiuni sau compresiuni în materialul magnetic. Cînd $\lambda < 0$, eforturile de întindere vor da orientări preferenţiale, perpendicular pe lungimea unei bare de ferită, iar eforturile de compresiune, pe direcţia barei. De aici rezultă că eforturile de întindere vor favoriza procesele rotaţionale, în timp ce cele de compresiune, magnetizarea prin deplasarea pereţilor.

Deoarece feritele sînt utilizate la înalte frecvenţe, o deosebită importanţă o joacă dependenţa permeabilităţii de frecvenţă.

În fig. 5 *a* şi *b*, se descrie curbele $B = f(H)$ pentru diferite frecvenţe. Materialul este o ferită NiZn, sinterizată la temperatură de 1250°C în oxigen (a) şi la 1450°C în oxigen (b). În curbe se dau amplitudinile lui B şi H (B_m şi H_m) la aplicarea unui cîmp sinusoidal.

Se remarcă că permeabilitatea de amplitudine $\mu = \frac{B_m}{H_m}$ variază foarte puţin cu frecvenţa în cazul curbelor din fig. 5 *a*, dar scade considerabil cu frecvenţa în cazul curbelor din fig. 5 *b*. În primul caz, din cauza temperaturii mai re-

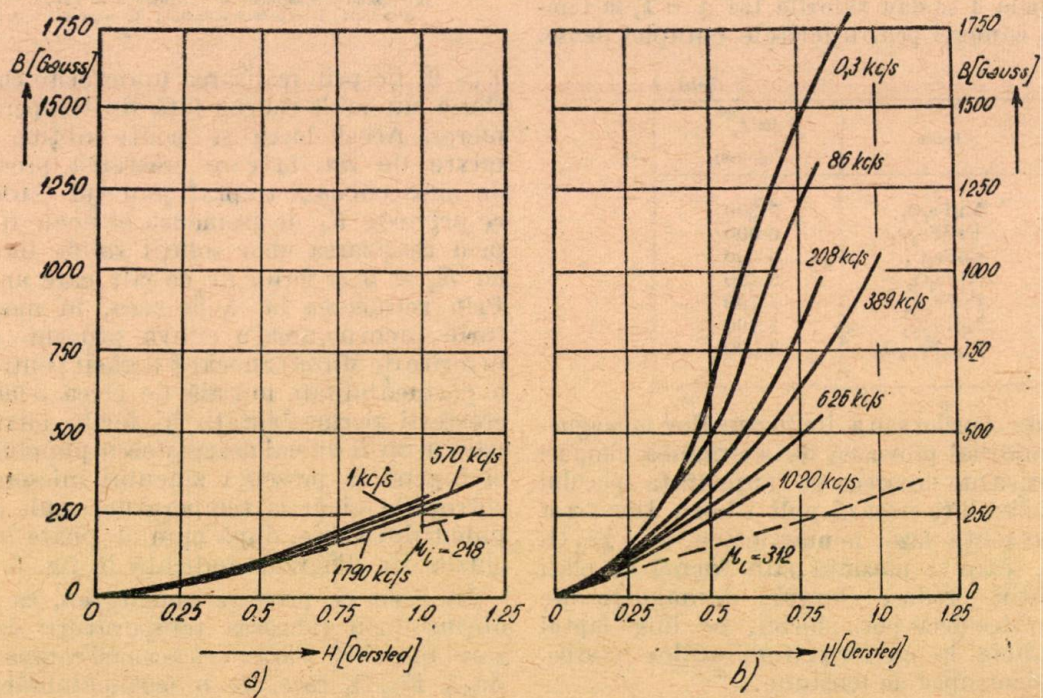


Fig. 5. Amplitudinea B_m funcţie H_m pentru diferite frecvenţe a două ferite $Ni_{0.5}Zn_{0.5}F_2O_4$ (a): arse la 1250°C în oxigen, (b): arse la 1450°1°C în oxigen [5]

curba de întoarcere se datoreşte deplasărilor ireversibile ale pereţilor Bloch, care sînt cu atît mai accentuate cu cît temperatura de sinduse de sinterizare, materialul fiind mai poros, deplasarea pereţilor domeniilor se realizează mai greu, magnetizarea avînd un caracter mai ales

rotaţional. Ori procesul de magnetizare rotaţional este aproape independent de frecvenţă (pînă la anumite limite) datorită inerţiei reduse a electronilor. În cazul al doilea, materialul fiind sinterizat la o temperatură superioară, este foarte puţin poros, magnetizarea producîndu-se prin deplasarea pereţilor domeniilor. Ori această deplasare nu poate urmări cîmpul de înaltă frecvenţă din cauza amortizării. În general toate feritele cu $\mu > 400$ indică o descreştere a permeabilităţii de amplitudine μ cu

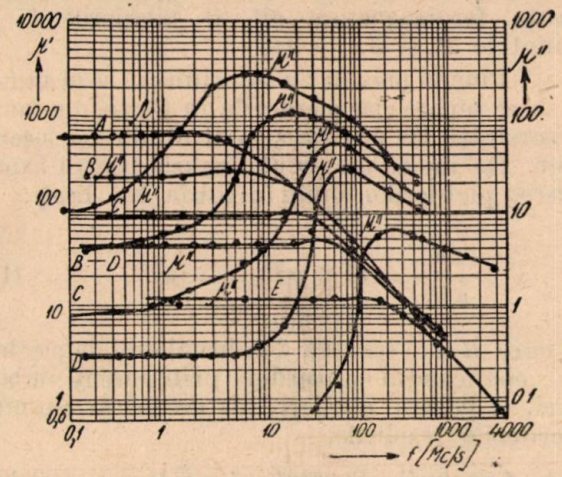


Fig. 6. Părţile reale şi imaginare ale permeabilităţii iniţiale la ferite Ni—Zn cu aceeaşi compoziţie ca cele din fig. 3, în funcţie de frecvenţa f [5].

frecvenţa indiferent de temperatura de ardere; acelea cu $200 < \mu < 400$ se comportă în mod asemănător numai cînd sînt arse la temperaturi înalte; acelea cu $\mu < 200$ nu prezintă acest fenomen chiar dacă sînt sinterizate la 1450°C.

La frecvenţe superioare se produce un fenomen care micşorează permeabilitatea iniţială şi anume rezonanţa feromagnetică. Luînd în consideraţie defazajul δ dintre B şi H în cîmpuri reduse putem scrie $\frac{B_m}{H_m}\cos\delta = \mu'$ şi $\frac{B_m}{H_m}\sin\delta = \mu''$, iar $\mu_i = \mu' - j\mu''$ şi $\frac{\mu''}{\mu'} = \operatorname{tg}\delta$. Fig. 6 arată variaţia lui μ' şi μ'' în funcţie de frecvenţă la feritele NiZn.

Se poate constata din fig. 6 că μ' rămîne practic constant pînă la o frecvenţă puţin inferioară aceleia la care μ'' atinge maximum, după care scade aproape cu aceeaşi pantă, ajungînd la ferite de tipul E ca $\mu' - 1$ să fie chiar negativ.

Explicaţia fenomenului a fost dată de Snoek care l-a observat prima dată şi se datoreşte unui mecanism de rezonanţă, pe care îl vom explica pe scurt.

Electronii avînd un moment magnetic şi unul mecanic (spin) execută mişcarea de precesie în jurul nucleului, frecvenţa precesiei depinzînd de forţa cu care sînt legaţi de poziţia de echilibru. În cazul feritelor, această forţă este anizotropia cristalină de formă sau de tensiune. Dacă se aplică un cîmp magnetic alternativ perpendicular pe direcţia forţelor anizotropiei, atunci cînd frecvenţa cîmpului va fi egală cu aceea a precesiei, se va produce rezonanţă. Frecvenţa de rezonanţă feromagnetică este cu atît mai mare cu cît permeabilitatea iniţială la joasă frecvenţă a materialului este mai mică, deoarece permeabilitatea iniţială mică înseamnă forţa de anizotropie puternică, ceea ce determină o precesie rapidă a spinilor electronici. Snoek a obţinut relaţia:

$$(\mu_i - 1) f_r = \frac{4}{3}\gamma I_s \qquad (14)$$

în care f este frecvenţa de rezonanţă şi γ o constantă de proporţionalitate. Din relaţia (14) se vede că μ_i şi f_r sînt invers proporţionale.

Prin aplicarea unui cîmp magnetic într-o direcţie deosebită de direcţia magnetizării uşoare care este direcţia de echilibru a spinilor electronici, spinii vor executa o mişcare de precesie în jurul poziţiei de echilibru. În absenţa amortizării, axa spinului s-ar mişca la infinit într-un con şi nu ar lua niciodată poziţia cîmpului aplicat. Din cauza amortizării, deci şi pierderilor de energie legate de aceasta, mişcarea de precesie se stinge şi axa spinului ia direcţia cîmpului magnetic aplicat. Cînd cîmpul este alternativ, amortizarea (şi pierderile) se produc la fiecare alternanţă şi, deci, pierderile cresc cu frecvenţa. În fig. 6 se remarcă creşterea lui μ'' cu frecvenţa, pînă la frecvenţa de rezonanţă după care μ'' scade, deoarece raportul $\frac{B_m}{H_m}$ se micşorează prin scăderea lui B_m. Componenta reală a permeabilităţii ar trebui teoretic să devină infinită la frecvenţa de rezonanţă, dar practic are loc doar o creştere foarte mică, din cauza interacţiunii reciproce între spini şi a celei dintre spini şi reţeaua cristalină. La frecvenţe mai mari decît f_r, μ' descreşte datorită dificultăţii crescînde a spinilor de a urmări variaţiile cîmpului aplicat.

3. **Pierderile în ferite.** Din punct de vedere practic, feritele se folosesc în circuite în care se tinde spre obţinerea unui factor de calitate Q cît mai ridicat, adică un factor de pierderi $\operatorname{tg}\delta$ cît mai redus. Aceasta se obţine prin înserarea unui întrefier în circuitul magnetic al feritei ceea ce micşorează permeabilitatea iniţială dar micşorează şi pierderile, din care rezultă o creştere a factorului de calitate. Se poate uşor demonstra că factorul de pierderi relativ $\frac{\operatorname{tg}\delta}{\mu_i}$ rămîne constant la variaţia întrefierului circuitului magnetic al feritei şi reprezintă o caracteristică importantă tehnică a feritelor. În fig. 7 se arată o serie de curbe ale factorului $\frac{\operatorname{tg}\delta}{\mu_i}$ în funcţie de frecvenţă pentru diferite ferite.

3.1. *Pierderi prin curenţi turbionari.* Calitatea cea mai importantă a feritelor este înalta lor rezistivitate, ceea ce impiedică producerea curenţilor turbionari în înaltă frecvenţă. Pier-

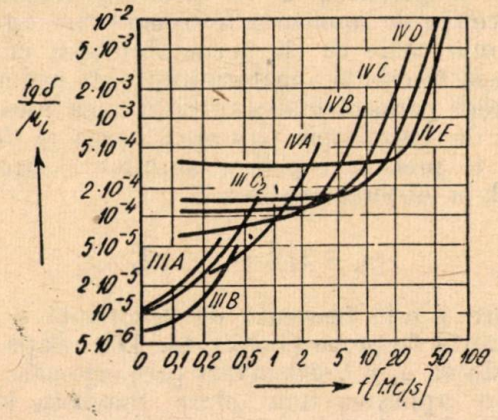


Fig. 7. Factorul de pierderi relativ $\frac{\mathrm{tg}\delta}{\mu_i}$ pentru diferite tipuri de ferite. Cele notate cu III sînt ferite de MnZn iar cele cu IV A — E sînt ferite NiZn cu compoziţi asemănătoare celor date în fig. 3

derile foarte mici care se produc datorită acestor curenţi pot fi sub forma $W_{ef} = \pi^2 d^2 B^2 f^2 / n \rho$ în care d este cea mai mică dimensiune a probei perpendicular pe flux, n-depinde de forma probei ($n = 6$ pentru tole, 16 pentru cilindri, 20 pentru sfere), ρ-rezistivitatea electrică, B-inducţia magnetică şi f-frecvenţa.

Dacă pierderile prin curenţi turbionari sînt neglijabile, sînt alte pierderi determinate de conductivitate pe care le vom menţiona.

3.2. *Pierderi datorite rezonanţei dimensionale.* Acestea se datoresc constantei dielectrice mari a materialului, în special la frecvenţe nu prea înalte (sub cea de rezonanţă feromagnetică). Ele depind de forma şi dimensiunile probei.

3.3. *Pierderi prin relaxare.* În ferite s-au constatat pierderi legate de rezistivitatea materialului la frecvenţe foarte joase, mult sub frecvenţa de rezonanţă feromagnetică. Aceste pierderi sînt legate de un proces de difuzie electronică şi la fiecare frecvenţă prezintă un maximum la o anumită temperatură.

Pierderile prin relaxare pot fi evitate prin prescripţiile date de Snoek şi anume reducerea conţinutului de ioni feroşi (Fe^{2+}). Aceasta se obţine prin arderea feritelor în oxigen la temperaturi nu prea înalte sau prin răcirea feritelor poroase în oxigen pentru a reprimi oxigenul pierdut.

O altă soluţie este utilizarea unui exces de oxid bivalent. Astfel prin adăugarea unui exces de MnO în ferite Mn-Zn se împiedică formarea oxidului feros, deoarece se pare că ionii de Mn^{++} şi Fe^{++} nu pot coexista.

3. *Pierderi prin histerzis.* În general feritele sînt utilizate în aplicaţiile din domeniul frecvenţelor înalte şi a cîmpurilor slabe unde fenomenul de histerezis şi pierderile legate de aceasta nu joacă un rol atît de important faţă de pierderile amintite anterior. La cîmpuri mai intense nu se pot neglija aceste pierderi aşa încît este necesar să se determine în mod separat aceste pierderi, deşi acest lucru este dificil întrucît curba de magnetizare a feritelor depinde de frecvenţă.

3.5. *Pierderile reziduale.* Prin acestea se înţeleg atît pierderile determinate de fenomenul de relaxare, de amortizare a precesiei electronilor, amintit anterior în legătură cu rezonanţa feromagnetică, cît şi pierderile de la punctele *2* şi *3*.

Pînă în prezent nu s-a ajuns să se identifice şi să se separe clar pierderile în ferite, din cauza diversităţii lor precum şi a studiului lor incomplet. De multe ori se utilizează pentru exprimarea pierderilor totale formula lui Legg:

$$\frac{R}{\mu f L} = ef + aB_{max} + c \qquad (15)$$

în care R este rezistenţa echivalentă de pierderi e — coeficientul de pierderi prin curenţi turbionari, a-pentru pierderi histerezis şi c-pentru pierderile reziduale.

4. **Concluzii.** Studiul feritelor a prilejuit cercetătorilor în domeniul magnetismului să descopere aspecte noi ale teoriei magnetismului şi să verifice o serie de ipoteze mai vechi, ca teoria domeniilor, a antiferomagnetismului etc.

Teoria cîmpului molecular al lui Weiss se aplică astfel atît asupra materialelor feromagnetice, cît şi asupra celor antiferomagnetice compensate sau necompensate. Fenomenele de rezonanţă feromagnetică şi relaxare la frecvenţe mai ridicate pot fi studiate cu uşurinţă, datorită lipsei aproape totală a curenţilor turbionari. Efectul rotaţional Faraday la frecvenţe de microundă îşi găseşte aplicaţii importante în ghidurile de unde şi izolatoare de antene.

Domeniul de cercetare asupra feritelor este foarte larg şi nu este acoperit încă în întregime. În acest sens viitorul ne oferă perspective deosebit de interesante.

Bibliografie

[1] *Ivaşcu V. Tanach V.*: Magneţi permanenţi pe bază de ferită de bariu. Electrotehnica 4 (1956) 10, 447—455.
[2] *Snoek L. J.*: Issledovania v oblasti novih ferromagnitnih materialov. Moscova 1949
[3] *Fairweather A.*: Ferrites. Reports on Progress in Physics 1952, 15, p. 142—172.
[4] *Van Vleck J.*: Recent developments in the theory of antiferromagnetism. Journal de Physique et le Radium (1951) 12, p. 262—274.
[5] *Snoek L. J.*: Conférence sur l'es propriétés magnetiques des ferrites. Journal de Physique et le Radium, (1951) 12, p. 228 —238.
[6] *Papthenet. R. Bochirol L.*: Alimantation spontanée des ferrites. Journal de Physique et le Radium (1951) 12, p. 249—251.

[7] *Gorter E. W.*: Saturation Magnetisation and Crystal Chemistry of Ferrimagnetic Oxidus Philips Research (1954) 9, 295, 365; p. 403—444).
[8] *Guilland, C.*: Les proprietes magnetiques des ferrites Journal de Physique et le Radium (1951) 12, p. 239—248.
[9] *Giulland, C.*: Etude des ferrites mixtes de manganese dans les champs alternatifs failles Journal de Physique et le Radium (1951) 12, p. 498—503)
[10] *Gorter E. W.*: Some proprieties of Ferrites în Conection with their Chemistry, Proceedings of the IRE (1955) 43, p. 1945—1973
[11] *Kettel, C.*: Ferromagnetic resonance Journal de Physique et le Radium (1951) 12, p. 291—302.
[12] *Went J. J. Gorter E. W.*: Les propriets magnetiques et electriques des matériaux ferroxcube Revue Technique Philips (1952), 13, p. 221—234
[13] *Owens C. D.*: Measuremets on magnetic Ferrites Procedings of the IRE (1955), 41, p. 359—365

Studiul stabilităţii uleiului de transformator

GHEORGHE MOZES şi *LIDIA COSĂCEANU* — Bucureşti*)

Prevenirea îmbătrînirii uleiului de transformator prezintă interes economic şi constituie o preocupare permanentă atît pentru întreprinderile energetice cît şi pentru rafinării. Autorii prezintă succint argumentele teoretice care pledează în favoarea utilizării antioxidanţilor artificiali. Se arată că în cadrul laboratoarelor ICPET s-a stabilit metoda de preparare pentru doi antioxidanţi: 2,6 tertiobutil paracrezolul şi paraoxidifenilamina şi se prezintă în rezumat studiile efectuate asupra eficacităţii acestor antioxidanţi la uleiul 2004, 2005 şi 2005 suprarafinat. Se prezintă rezultatele obţinute.

CZ 621,315.615.2

Una din problemele cele mai acute din domeniul materialelor folosite în tehnică este problema stabilităţii lor în timp.

Coroziunea metalelor, îmbătrînirea cauciucului, a maselor plastice, a peliculelor, a lubrifianţilor, se află în centrul preocupării a numeroase laboratoare şi institute, constituind o problemă de importanţă internaţională datorită valorii imense a materialelor care se degradează în timp.

Pentru a aprecia importanţa pe care o prezintă pentru R.P.R. problema stabilităţii uleiului de transformator, trebuie să se ţină seamă de trei factori, şi anume:

1. Consumul de ulei se cifrează la 2000—2 500 t anual în valoare de 15 000 000—20 000 000 lei şi, deci, o dublare a duratei de funcţionare ar aduce o economie de 7—10 000 000 lei/an.

2. Uleiul îmbătrînit este corosiv faţă de transformator şi mai ales faţă de izolaţia solidă şi astfel reduce viaţa transformatorului însăşi.

3. Îmbătrînirea uleiului implică scăderea siguranţei de funcţionare a transformatorului şi duce la întreruperi în furnizarea energiei electrice.

După cum a arătat Krein în monografia sa asupra stabilităţii uleiului de transformator (Moscova, 1948) „obţinerea unor uleiuri ce nu se pot oxida în procesul de exploatare sau a unor uleiuri cu afinitate redusă pentru oxigen ar putea constitui rezolvarea radicală a problemei duratei de serviciu şi a bunei funcţionări a utilajului electric" (cu ulei).

Pentru stabilizarea uleiului de transformator în ultimele decenii şi, mai ales, în ultimii ani, s-au studiat mai multe soluţii dintre care cele mai importante sînt două:

a) utilizarea lichidelor izolante sintetice cu stabilitate mare (derivaţi siliconici, difenilcloranţi etc.);

b) utilizarea antioxidanţilor ca adaos.

În timp ce prima soluţie care ar reprezenta o rezolvare mai radicală, pînă în prezent nu a găsit aplicabilitate pe scara mare, în urma costului ridicat al materialelor, a doua soluţie, antioxidanţii, au găsit o utilizare largă în diferite ţări.

Trebuie arătat că stabilizarea uleiului de transformator este o problemă deosebit de grea, pe de o parte datorită însăşi compoziţiei complexe a uleiului, pe de altă parte datorită numărului mare de factori externi care acţionează asupra uleiului în condiţiile normale de exploatare.

Consideraţii asupra procesului de oxidare şi stabilizare a uleiului de transformator

Pînă în prezent nu se poate afirma că există o teorie unitară care să cuprindă fenomenele care au loc la oxidarea şi inhibarea oxidării uleiului şi să ţină seamă de toţi factorii care îşi exercită influenţa asupra oxidării.

În acest articol se redă în rezumat teoria cea mai bine fundamentată experimental.

În această concepţie se porneşte de la constatarea că oxidabilitatea hidrocarburilor naftenice şi a celor aromatice din ulei depinde de proporţia lor relativă, interacţiune explicată prin cantitatea şi natura produselor de reacţie care se formează.

În timp ce hidrocarburile naftenice dau produşi de oxidare formaţi din acizi, esteri şi oxiacizi puţin solubili în ulei care dau uşor compuşi de condensare solizi, hidrocarburile aromatice se oxidează cu formare de acizi, esteri alcoli în cazul cînd catenele laterale sînt lungi şi produşi de condensare — asfaltene şi carbene în cazul catenelor laterale scurte. În acest ultim caz condensarea are loc prin formare de fenoli ca produşi intermediari care acţionează

*) Chimist diplomat *Gheorghe Mozes* este şef de laborator la I.C.P.E.T. *Lidia Cosăceanu* este ingineră la fabrica Electrotehnica.

ca antioxidanţi naturali, atunci cînd sînt în concentraţie suficientă. Tot prin formarea fenolilor în cursul oxidării se poate explica şi interacţiunea dintre hidrocarburile naftenice şi aromatice. În acest caz oxidarea naftenelor sau a hidrocarburilor nafteno-aromatice avînd

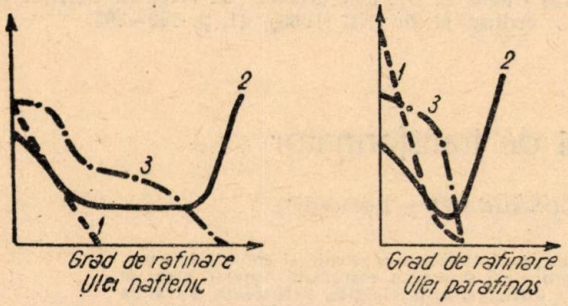


Fig. 1 şi 2. Relaţia dintre gradul de rafinare şi stabilitatea unui ulei naftenic şi parafinos, exprimată prin variaţia indicelui de gudron (curba *1*), a indicelui de aciditate (curba *2*) şi scăderea rezistenţei firului de bumbac, în procente (curba *3*)

loc prin intermediul peroxizilor, aceştia induc oxidarea hidrocarburilor aromatice în nucleu, fapt constatat în numeroase cazuri şi astfel formarea fenolilor este accelerată de prezenţa hidrocarburilor naftenice. Apariţia acestor fenoli cu acţiune antioxidantă, chiar în concentraţii foarte mici de sutimi sau miimi de procente determină frînarea oxidării mai profundă a uleiului (v. Krein : Stabilizarea uleiului de turbine şi transformatoare).

Al doilea factor de importanţă primordială asupra oxidării uleiului de transformator este gradul de rafinare, care acţionează în două direcţii şi anume, modificînd raportul dintre procentul de hidrocarburi din ulei şi eliminînd substanţele nestabile cu caracter nesaturat sau gudroanele.

Din lucrările efectuate de Stäger (Tehnologia materialelor electroizolante) rezultă că stabilitatea creşte la început paralel cu gradul de rafinare, iar după atingerea unei valori optime pentru gradul de rafinare, scade mult stabilitatea uleiului datorită eliminării gudroanelor care funcţionează ca stabilizatoare naturale. Un exemplu în acest sens constituie curbele de mai jos reprezentînd dependenţa între gradul de rafinare al unui ulei parafinos (fig. 2) şi a unui ulei naftenic (fig.1) şi oxidabilitatea lor exprimată prin variaţia indicelui de gudron (curba *1*) a indicelui de aciditate (curba *2*) şi scăderea rezistenţei firului de bumbac în procente (curba *3*).

Din examinarea acestor curbe rezultă că printr-o rafinare înaintată se elimină substanţele care pot forma gudroane, dar o dată cu eliminarea lor formarea acizilor nu mai este inhibată.

Această concluzie a fost verificată şi de Krein care a adăugat la uleiuri gudroane separate din diferite produse şi a constatat un efect de inhibare a procesului de oxidare.

După cum s-a arătat mai înainte, fenolii existenţi iniţial sau formaţi în urma oxidării hidrocarburilor aromatice, protejează uleiul împotriva formării precipitatului, dar în lipsa unor cantităţi iniţiale de gudron, are loc o creştere apreciabilă a acidităţii.

Din această cauză în practică rafinarea este în aşa fel condusă încît se elimină numai gudroanele dăunătoare şi se păstrează gudroanele cu acţiune de inhibatoare sau după un procedeu aplicat de unele rafinării germane, se face o rafinare înaintată şi pe urmă se adaugă un procent de aproximativ 25% din distilatul iniţial.

Faţă de aceste procedee se ridică o serie de obiecţii. Astfel Krein a demonstrat că numai unele gudroane au acţiune de inhibare în timp ce altele accentuează oxidarea şi că acţiunea de inhibare se poate inversa atunci cînd se referă la uleiuri diferite.

O serie întreagă de autori au arătat că în multe cazuri antioxidanţii artificiali acţionează mai eficace decît gudroanele naturale şi este un punct de vedere acceptat că utilizarea antioxidanţilor este un procedeu mai raţional decît menţinerea în ulei a unei cantităţi de gudron.

În timp ce în cazul antioxidanţilor naturali alegerea este limitată la gudronul existent iniţial în ulei, în cazul antioxidanţilor sintetici putem alege din varietatea nelimitată a combinaţilor organici, acele substanţe care sînt cele mai eficace. În timp ce în cazul antioxidanţilor artificiali aceştia se introduc iniţial, antioxidanţii naturali se formează în cursul degradării uleiului, deci acţiunea lor se va ma-

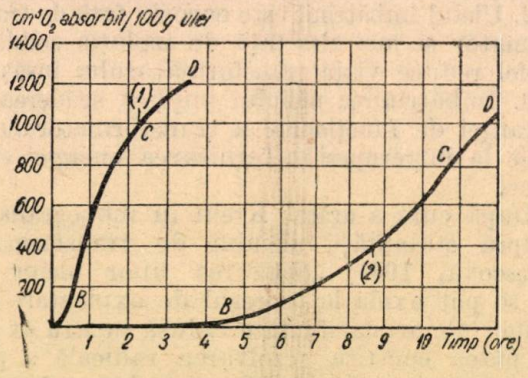


Fig. 3. Curbele de absorbţie a oxigenului la ulei fără inhibitor (*1*) şi cu inhibitor (*2*).

nifesta cînd în ulei se vor găsi deja produse de degradare dăunătoare (fig. 3, curbele *1* şi *2*).

În fine, antioxidanţii artificiali întîrzie formarea peroxizilor care degradează fibrele celulozice din izolaţia solidă a transformatorului, (Stäger, Petroleum 1930, 605) iar antioxidanţii naturali, fenoli, se formează pe seama peroxizilor şi după apariţia acestora.

Într-adevăr dacă se examinează concepțiile actuale în privința mecanismului de oxidare și inhibare naturală arătate anterior, rezultă un argument puternic în favoarea utilizării inhibitoarelor artificiale.

Astfel în prezent dintre nenumăratele teorii în privința cineticii reacțiilor de oxidare a uleiului mineral, se poate accepta ca cea mai probabilă teoria reacțiilor în lanț, sub rezerva că această teorie deși reprezintă just fenomenul global nu se bazează pe un mecanism chimic bine clarificat pentru fiecare tip de hidrocarbură din ulei.

Una din schemele propuse pentru acest tip de reacție se poate reprezenta în felul următor :

1) $R_3-C- + O_2 \rightarrow R_3-C-O-O-$

2) $R_3-C-O-O- + R_3-C-H \rightarrow R_3-C-O-O-H + R_3-C-$

3) $R_3-C- + O_2 \rightarrow$ 1)

4) $R_3-C- + A \rightarrow R_3-C-A$

unde :

R_3-C-	reprezintă un atom de carbon cu una din valențe activate și trei valențe satisfăcute cu radicali ca C=, O =, C—,H—, etc.;
$R_3-C-O-O-$	produs de reacție peroxidic intermediar, cu energie liberă mare;
$R_3-C-O-O-H$	peroxid normal;
A	dezactivator, ca radical liber, perete etc.
R_3-C-A	produs stabil.

Dacă așa cum s-a arătat mai înainte, uleiul conține inițial o cantitate mică de inhibitoare naturale, reacția de formare a inițiatoarelor de lanț (1) este încetinită pînă la consumarea cantității de inhibitor.

În acest timp oxidarea uleiului nu are loc în mod vizibil, însă paralel cu epuizarea inhibitorului crește concentrația produselor peroxidice care declanșează reacția în lanț. Acest interval de timp, perioada de inducție, corespunde porțiunii $A-B$ din curba *1* fig. 3. A doua porțiune din curbă $B-C$ corespunde fazei cînd oxidarea uleiului decurge liber din lipsa substanțelor cu acțiune catalitică negativă.

În această fază au loc reacțiile în lanț de tipul 2 unde o singură moleculă cu energie liberă mare (de exemplu, de tip peroxidic) poate declanșa oxidarea a zeci de mii de molecule.

Numai cînd concentrația produselor de oxidare a ajuns la valori considerabile — de obicei mai mari decît admisibile — pentru uleiuri în exploatare se observă din nou o înclinare a curbei.

Porțiunea $C-D$ corespunzînd unei scăderi a vitezei de reacție, se atribuie formării produselor de reacție cu acțiune antioxidantă.

În cazul cînd de la început uleiul supus oxidării conține antioxidanți artificiali, perioada de inducție este prelungită de cîteva ori (fig. 3, curba *2* porțiunea $A-B$). Dar tocmai în această perioadă din viața uleiului de transformator caracteristicile acestuia sînt cele mai favorabile. În acest caz au loc reacțiile de întrerupere a lanțului de tipul 4 sau întîrzierea reacțiilor de declanșare de tipul 1.

Deci, în afară de constatările practice avantajul antioxidanților articifiali este justificat și teoretic.

Partea experimentală

Pentru experimentarea stabilizării uleiului de transformator, s-a studiat prepararea a 4 inhibitoare sintetice recomandate de literatură : 2,6 terțiobutil-paracrezolul, paraoxidifenilamina esteri etil și metil antianilic, stabilind în faza de laborator metode de preparare pentru primele două substanțe*)

Alegerea metodei pentru studiul stabilității s-a făcut pe baza unei analize critice a metodelor publicate în literatură.

Deoarece nici una din metodele publicate în literatură nu redă imaginea fidelă a procesului de oxidare, determinările au fost făcute cu mai multe metode, iar concluziile au fost trase pe baza rezultatelor obținute cu metoda Kisling și metoda determinării curbei de absorbție a oxigenului (perioada de inducție) deoarece aceste metode au redat suficient de bine diferența dintre uleiul cu și fără inhibitor.

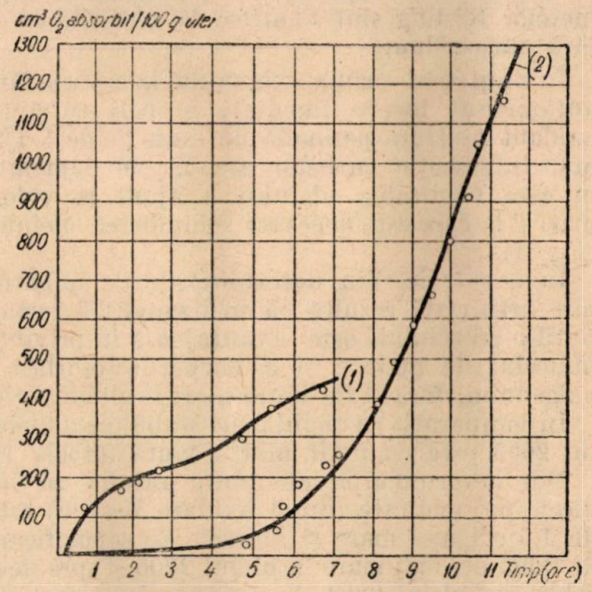


Fig. 4. Curbele de absorbție a oxigenului la probele de ulei 2004 (*1*) și 2004 + 0,3 % tertiobutil *p*-crezol, (*2*).

Încercările au fost efectuate pe ambele tipuri de ulei fabricate în prezent în țară : uleiul 2004 și 2005.

Uleiul 2004 fiind de foarte bună calitate este utilizat în cantități mai însemnate (70%) și de aceea stabilizarea lui prezintă interes mare.

*) La prepararea paraoxidifenilaminei au lucrat ing. *Zisu G.* și ing. *Rosenberg S.*

Tabela 1

Tabela comparativă privind stabilitatea uleiului 2004, 2005 şi 2005 suprarafinat cu şi fără inhibitoare

Ulei	Antioxidant, %	Indice de aciditate		Indicele de saponificare		Indice de gudron	Precipitat	Observaţii
		Înainte de oxidare, mg KOH/g	După oxidare, mg KOH/g	Înainte de oxidare, mg KOH/g	După oxidare, mg KOH/g			
2004	—	0,019	0,024	0,35	0,52	0,07	nu are	
2004	$A_{0,01}$	0,019	0,024	0,35	0,51	0,04	nu are	
2005	—	0,014	0,13	0,31	1,08	0,28	pp./ slab	
2005	$A_{0,01}$	0,014	0,13	0,59	1,25	0,20	pp./ slab	
$2005R_4$	—	0,024	0,068	0,27	0,85	0,35	nu are	
$2005R_4$	$A_{0,01}$	0,019	0,063	—	—	0,30	nu are	
2004	—	0,036	0,046	2,49	5,34	0,10	nu are	(ulei uscat
2005	—	0,036	0,130	0,27	8,11	1,19	nu are	(fără vid

$A_{0,01}$ = 0,01 %; 2,6 terţiobutil—*p*—crezol.

Dintre încercările efectuate s-au obţinut rezultate pozitive cu 2,6 terţiobutil-*p*-crezol.

Indicele de gudron determinat după metoda Kisling este de 1,75 ori mai mic în cazul probelor de ulei cu 2,6 terţiobutil-*p*-crezol faţă de probele de ulei fără antioxidant (tabela 1).

Indicele de aciditate după oxidare şi indicele de saponificare după oxidare, determinat după metoda Kisling sînt identice la uleiurile cu şi fără antioxidant.

În timp ce absorbţia oxigenului la probele fără antioxidant începe imediat, probele cu antioxidant prezintă perioada de inducţie de 5 1/2. ore. Intersecţia curbelor are loc în domeniul în care aciditatea uleiului a ajuns la valori mari şi la care este necesară schimbarea uleiului (Fig. 4).

În concluzie, din determinările de îmbătrînire artificială rezultă că utilizarea 2,6 terţiobutil-*p*-crezolului este avantajoasă în privinţa indicelui de gudron şi a curbei de absorbţie a oxigenului, fără să fie dăunătoare în altădirecţie.

În comparaţie cu uleiul 2004 stabilitatea uleiului 2005 este cu mult mai scăzută (tabela 1).

Din determinările efectuate rezultă că indicele de aciditate (după oxidare Kisling) este de 4,5 ori mai mare şi indicele de saponificare de două ori mai mare la uleiul 2005 şi spre deosebire de uleiul 2004, la oxidare după metoda Kisling apare precipitat.

De asemenea la oxidarea după metoda Brown Boveri, indicele de şlam este de 2,6 ori mai mare, indicele de aciditate de 1,4 ori, iar indicele de şlam după metoda VTI este de 4,4 ori mai mare la uleiul 2005 în comparaţie cu uleiul 2004.

De asemenea, absorbţia oxigenului decurge cu viteză mai mare la uleiul 2005 în comparaţie cu uleiul 2004 după cum rezultă din fig. 5.

Deosebit de importantă este diferenţa între comportarea uleiului 2005 faţă de 2004 la uscarea în transformatoare.

În aceste condiţii uleiul 2005 suferă o îmbătrînire caracterizată printr-o creştere de 4,2 ori a indicelui de gudron determinat prin oxidarea cu metoda Kisling faţă de o creştere de numai 1,43 ori la uleiul 2004. În acelaşi timp este interesant de remarcat că, deşi valorile absolute ale indicilor de aciditate şi de saponificare la probele uscate şi oxidate după metoda Kisling sînt mai mari la uleiul 2005 faţă

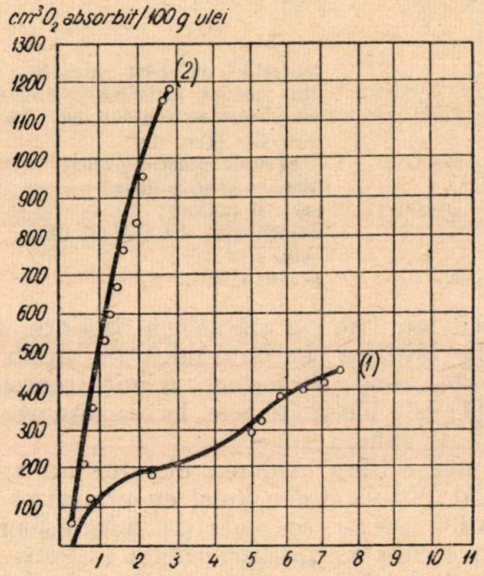


Fig. 5. Curbele de absorbţie a oxigenului la probele de ulei 2004 (*1*) şi 2005 (*2*).

de uleiul 2004, totuşi creşterea procentuală a acestor doi indici la uleiul 2005 este mai mică decît la uleiul 2004. Cu toate că în aparenţă această comportare diferită a indicilor care exprimă stabilitatea pare paradoxală, îşi găseşte explicaţia dacă se ţine seamă de faptul arătat mai înainte, că în general formarea gudroanelor impiedică formarea produselor acide.

Constatarea că şi în condiţiile mai apropiate de cele de exploatare, cum este uscarea uleiului în cuvele transformatorului, comportarea uleiului 2005 este mult mai nefavorabilă faţă de uleiul 2004, este o verificare valoroasă a determinărilor de laborator.

Ca şi la uleiul 2004 şi în acest caz s-au obţinut rezultate pozitive cu 2,6 terţiobutil-*p*-crezol.

La determinările cu metoda Kisling se observă o creștere a stabilității la formarea gudroanelor de 1,4 ori, iar indicele de aciditate, de saponificare și precipitatul format rămîn

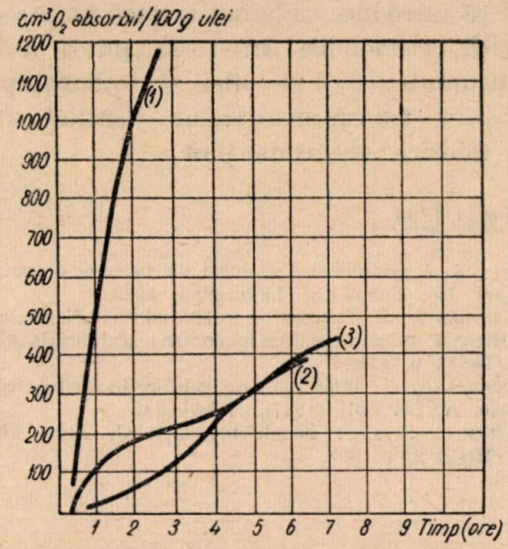


Fig. 6. Curbele de absorbție a oxigenului la probele de ulei 2005 și 2005 + 0,3% 2,6 terțiobutil *p*-crezol:

curba *1* — ulei 2005; curba *2* — ulei 2005 + 0,3% 2,6 — terțiobutil *p*. crezol curba *3* — ulei 2004.

nemodificate la probele cu antioxidant față de cele fără antioxidant.

Determinările efectuate cu metoda absorbției de oxigen indică de asemenea eficacitatea antioxidanților.

Forma curbei de absorbție a oxigenului în funcție de timp arată o scădere considerabilă a vitezei de oxidare, curba pentru uleiul 2005 + 0,3% antioxidant, fiind mai favorabilă decît curba pentru ulei 2004 fără antioxidant. Fig. 6.

Pentru a mări sensibilitatea uleiului 2005 față de antioxidanți s-a studiat influența gradului de rafinare asupra stabilității probelor de ulei cu antioxidanți.

În acest scop s-au pregătit probe rafinate cu o cantitate mai mare de acid și anume cu 4%, 6% și 10% mai mult față de uleiul 2005 (Probele 2005 R_4, 2005 R_6; 2005 R_{10}).

La oxidarea acestor probe după metoda Kisling rezultă datele indicate în tabela 1.

La probele suprarafinate și fără inhibitor se observă o îmbunătățire față de uleiul 2005 în privința indicelui de aciditate (cu excepția probei 2005 R_6) a indicelui de saponificare și formare de precipitat, dar crește indicele de gudron.

În comparație cu uleiu 2005, stabilitatea probei suprarafinate 2005 R_4 cu 0,01% 2,6 terțiobutil-*p*-crezol crește de 2,06 ori în privința formării de acizi și spre deosebire de uleiul 2005 nu apare precipitat la prelucrarea probei oxidate.

Perioada de inducție la oxidarea probelor suprarafinate conținînd antioxidant este de 2—3 ore față de valori sub 0,5 ore obținute la probele de ulei 2005 și 2005 R_4. Fig. 7.

Uleiurile suprarafinate nu sînt sensibile față de p. oxidifenilamină.

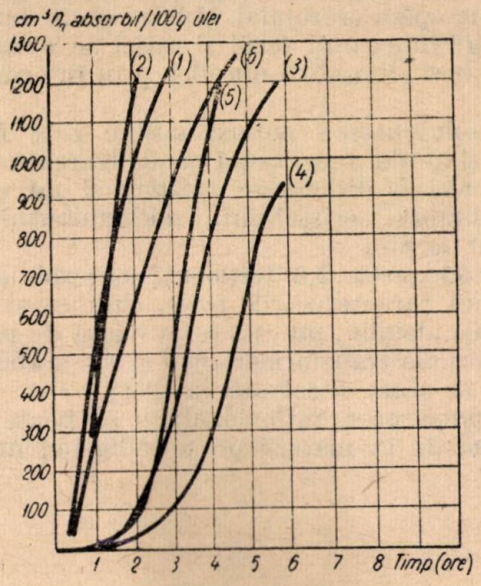


Fig. 7. Curbele de absorbție în probele de ulei 2005 (1); 2005 R_6 (*2*); 2005 R_4 + 0,3% *A* (*3*); 2005 R_5 + 0,3% *A* (*4*); 2005 R_{10} + 0,3% *A*; (*5*); 2005 R_6 + 0,3% *P* (*6*);

A = 2 6 — terțiobutil *p*-crezol; *P* = para-oxidifenilamina.

Deci, utilizarea 2,6 terțiobutil-*p*-crezolului la probele de ulei suprarafinate aduce o îmbunătățire importantă:

— indicele de aciditate după oxidare devine apropiat de valorile obținute la ulei 2004 (proba 2005 R_4);

— spre deosebire de uleiul 2005 nu apare precipitat la prelucrarea probelor oxidate după metoda Kisling, probele satistăcînd în această privință STAS-ul pentru uleiul 2004;

— indicele de gudron rămîne practic constant.

Concluzii

1. Din examinarea rezultatelor obținute în faza de laborator atît în privința uleiului 2004 cît și 2005 suprarafinat ne îndreptățesc să presupunem că verificarea eficacității oxidanților în transformatoare experimentale ar fi utilă, existînd premizele pentru îmbunătățirea stabilității uleiului de transformator în exploatare și pentru prelungirea duratei de funcționare.

În acest sens trebuie să amintim că în U.R.S.S criteriul pentru eficacitatea unui antioxidant este îmbunătățirea unuia dintre indici (indice de aciditate sau gudron) cu 40%, condiție satisfăcută în cazul nostru de 2,6 terțiobutil-*p*-crezol atît la uleiul 2004 cît și la uleiul 2005 suprarafinat.

2. Antioxidantul ales, satisface condiţiile cerute atît din punct de vedere practic cît şi teoretic:

a) datorită celor două grupe de butil terţiar în poziţiile orto faţă de grupa oxidril solubilitatea în apă a crezolului alchilat scade datorită mascării funcţiunii fenol şi astfel se evită posibilitatea eliminării din ulei prin intermediul apei;

b) solubilitatea antioxidantului este foarte mare şi în ulei rece, astfel că adăugarea nu prezintă nici o dificultate practică şi nu există posibilitatea cristalizării antioxidantului în timpul iernii;

c) adăugarea 2,6 terţiobutil-*p*-crezolului nu modifică caracteristicile fizice, chimice şi electrice ale uleiului, nu este corosiv faţă de părţile metalice ale transformatorului şi are stabilitate mare în stare dizolvată în ulei;

d) prepararea antioxidantului se poate face pornind de la materii prime indigene, nu necesită aparatură specială şi se realizează cu randament mare (>90%).

3. Ţinînd seamă şi de faptul că utilizarea antioxidanţilor este practicată cu succes în multe ţări şi că introducerea la noi în ţară nu necesită investiţii, economiile care s-ar putea realiza la consumul actual de ulei şi îmbunătăţirea exploatării transformatoarelor justifică utilizarea folosirii antioxidanţilor.

Bibliografie

[1] *Krein S. E*: Stabilizarea uleiului de turbine şi transformatoare, Ed. Energetică, Leningrad, 1948.
[2] *Balsbough G. C.*: Factorul de putere al uleiurilor izolante, semnificaţia lui şi metode de încercare a stabilităţii, ASTM Bul. (1947), p. 149.
[3] *Berberich L. I.*: Inhibitoare de oxidare în uleiuri electroizolante, ASTM Bull. (1947), p. 65–74.
[4] *Stillson G. H.* ş.a.: Fenoli mascaţi, J. Amer. Chem. Soc. (1945) 2, p. 303.

Referate

Electrotehnică generală

CZ 621.316.727

Compensarea energiei reactive. [După K. Szendy; Elektrotechnika, 49(1956)10–12, p. 289–296].

Autorul analizează consumatorii de energie reactivă şi diferitele utilaje de producere a acesteia. Producerea energiei reactive se poate face în generatoarele din centrale, în compensatoare şi motoare sincrone şi în condensatoare statice. După o analiză a problemelor economice în legătură cu compensarea energiei reactive, autorul propune următoarea repartizare a producerii energiei reactive:

compensare individulală la consumatori	10–20 %
compensare centralizată:	
la mari consumatori (fabrici)	35–55 %
în reţele de tensiune medie	20–30 %
în reţele de înaltă tensiune	10–20 %

Cu astfel de mijloace este util să se ridice factorul de putere la cos φ = 0,85 – 0,90. La linii lungi de transmisie de mare putere este bine să se compenseze pînă la cos φ = 0,95. Prin mărirea puterii utilajelor de compensare este necesar să se introducă şi reglajul automat al producerii energiei reactive.

O.S.

Maşini şi transformatoare electrice

CZ. 621.313.333.017.71

Transmiterea căldurii şi rezistenţa la trecerea curentului de aer la capetele bobinajelor statoarelor la motoare mici de curent alternativ în circulaţii forţate ale aerului. [După I. Szita şi G. Tekelfaluszy; Elektrotechnika, 49(1956)10–12, p. 309–312].

Autorii comunică rezultatele încercărilor efectuate la Catedra de maşini electrice şi măsuri electrice de la Universitatea tehnică din Budapesta. Pentru examinarea problemei puse s-a construit un tunel aerodinamic (fig. 1) în care s-au introdus mai multe tipuri de statoare bobinate de motoare mici de curent alternativ, făcîndu-se măsurători la diferite viteze ale aerului de răcire. Din rezultatele măsurătorilor s-au determinat diferite cifre de transmitere a căldurii şi cifre de rezistenţa la trecerea aerului, care vor putea fi folosite la calculul motoarelor electrice de acest tip.

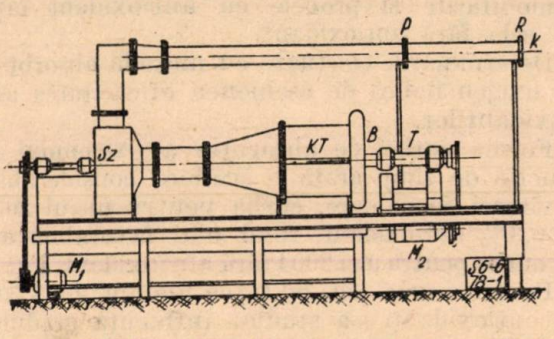


Fig. 1. Tunel aerodinamic pentru probe de ventilaţii.

O.S.

Aparate electrice

CZ 621.232.3.025:621.316.925

Un releu de factor de putere pentru protecţia liniei de contact pentru curent alternativ. [După M. Schneider: Arch. Techn. Messen. (1957) 253, R. 13-R. 14].

Protecţia reţelelor de contact pentru tracţiunea electrică nu poate fi făcută cu mijloacele obişnuite – relee de impedanţă şi de supraintensitate – deoarece acestea nu permit distingerea netă a anumitor defecte, de starea normală de funcţionare. La utilizarea dispozitivelor de protecţie în funcţie de curent se presupune că valoarea curentului de scurtcircuit este mai mare decît cel mai mare curent de exploatare. Un fir sub tensiune căzut la pămînt reprezintă un defect ce trebuie înlăturat repede, deoarece reprezintă o primejdie (tensiunea de pas, atingere, arc staţionar).

Pentru combaterea acestor neajunsuri s-a trecut la un sistem de protecţie bazat pe factorul de putere. În funcţionare normală factorul de putere nu depăşeşte cos φ = 0,95, în timp ce apariţia unui defect dintre cele descrise dă naştere unei rezistenţe ohmice şi factorul de putere devine astfel cos φ = 1. Deci elementul fundamental al noului sistem este releul de factor de putere. După ce se descrie construcţia şi modul de funcţionare a acestui releu, se indică încercările

făcute cu acest nou mijloc de protecţie. Primele încercări au fost făcute pe distanţe de scurtcircuit de 20 km, aceasta fiind în tracţiunea electrică cu curent alternativ domeniul de protecţie între substaţia de alimentare şi următorul punct de cuplaj echipat cu dispozitive de protecţie. Alte experienţe au fost făcute pe distanţe de scurtcircuit de 115 km. La începutul acestor experienţe tensiunea liniei de contact era de 16 800 V, frecvenţa 16 2/3 Hz, curentul de funcţionare 91 A şi $\cos \varphi = 0{,}88$. La sfîrşitul porţiunii de conductă de 115 km a fost provocat un defect artificial pe o rezistenţă ohmică; curentul total a crescut astfel la 214 A, factorul de putere $\cos \varphi = 0{,}99$. De aceea releul de factor de putere reglat pentru $\cos \varphi = 0{,}95$ a acţionat şi a întrerupt scurtcircuitul, pe cînd releul de supraintensitate reglat la 1,4 ori curentul nominal (560 A) nu a „simţit" acest defect. Alte experienţe, în care fire de contact „rupte" stăteau pe pietriş, pe zăpadă şi pe pămînt îngheţat, au arătat utilitatea noului principiu de protecţie.

A.S.

CZ 621.316.5.014.36

Despre curenţii limită a contactelor staţionare de curenţi tari. [După G. Hilgarth; Electrotechn. Z.--A, 78(1953) 6,

Punîndu-se problema trecerii unor curenţi foarte mari dar de scurtă durată prin contacte de întreruptoare în legătură cu o nouă metodă de stingere a arcului electric, s-au reluat şi extins unele cercetări asupra contactelor electrice, efectuîndu-se numeroase experienţe noi care au dat rezultate remarcabile. Definind curentul limită termic I_l ca acel curent, care la limită produce fenomene de topire în zona contactului, se stabileşte o relaţie simplă între durata de aplicare a acestui curent şi mărimea lui constantă în timp. Fenomenele sînt complicate de muierea materialului şi variaţiei cu temperatura a tuturor parametrilor de material. De aceea s-au întreprins experienţe cu contacte sferice staţionare apăsate cu forţe P diferite. S-a stabilit că pentru „durate lungi" curentul limită se exprimă prin formula $I_2 = C\sqrt{P}$ independent de durata trecerii lui. Explicaţia rezultă din mărimea suprafeţei contactului după prima semiperioadă a curentului prin înmuiere.

La durate scurte (sub 10^{-4} s) şi curenţi mari (peste 10 kA) curentul limită creşte invers proporţional cu durata t, mai exact după relaţia $I_2 = C \cdot P/\sqrt{t}$. S-a măsurat şi factorul de mărire a suprafeţei de contract f în funcţie de durata curentului cu apăsarea ca parametru. S-a făcut observaţia suprinzătoare că fenomenele de topire a materialului încep totdeauna pe marginea zonei de atingere reală. Urmărindu-se prin calcul fenomenul s-a constatat că densitatea de curent creşte pe marginea suprafeţelor πa^2 reale de contact şi că este de aşteptat că acolo să se topească întîi materialul. S-a mai constatat că în zona de contact nu există o mişcare importantă a căldurii în interiorul metalului şi deci încălzirea de scurtă durată se poate considera adiabatică, rezultînd din calcul viteza de creştere a temperaturii contactului. Ţinînd seama de rezultatele calculelor şi experienţelor s-au putut deduce din teorie formulele de mai sus a curentului limită, mai mult, s-au unit cele două formule într-una singură:

$$I_l = [B\sqrt{f}\cdot\sqrt{P}\,1-\exp(-mft/P)]^{-\frac{1}{2}}$$

în care B şi m sînt constante de material.

Curbele experimentale sînt verificate cu suficientă exactitate de către rezultatele calculate din formula aceasta, ceea ce permite comparaţia diferitelor materiale de contact.

A.A.

Materiale electrotehnice

CZ 621.318.322

Materiale magnetice moi. [După Nentwig, K.: Elektrotechnik Würzburg, 38(1956) 30, p. 287—290].

Un material magnetic moale se deosebeşte de unul magnetic tare prin faptul că într-un cîmp magnetic se magnetizează uşor şi după îndepărtarea cîmpului nu mai prezintă deloc magnetism sau foarte puţin; de aceea un material este cu atît mai magnetic moale, cu cît sînt mai mici forţa coercitivă corespunzătoare şi histereza. Aceste materiale se împart în trei mari grupe: fierul şi aliajele lui, miezuri presate, ferite. Aliajele de fier se caracterizează prin conţinutul redus de fier. Se dă compoziţia procentuală a cîtorva aliaje. Utilizarea acestor aliaje speciale pentru miezurile transformatoare şi de bobine de şoc duce la micşorarea dimensiunilor aparatelor; trebuie totuşi să se ia în consideraţie limita de saturaţie destul de coborîtă. Se poate obţine o micşorare de 1/4 — 1/6. Utilizarea unor tole mai subţiri de 0,1 mm pentru miezuri de transformator deplasează limita frecvenţei de utilizare pînă la circa 100 kHz. Aceste proprietăţi permit utilizarea materialelor feroase speciale pentru capete de ştergere, înregistrare şi redare pentru magnetofoane. Altă utilizare posibilă este pentru diferite blindaje. Orice prelucrare sau deformare ulterioară a tolelor înrăutăţeşte proprietăţile magnetice: forţa coercitivă creşte considerabil. Aceste materiale sînt şi mecanic moi.

Miezurile presate sînt utilizate la frecvenţe peste 100 kHz. Se foloseşte fierul carbonil, extras din pentacarbonil de fier $Fe(CO)_5$, cu particule sferice cu diametrul de 1—15 μ. Prin adăugarea unui liant convenabil se presează miezuri de formă convenabilă cu particule bine izolate între ele. Miezurile toroidale au o permeabilitate între 5 şi 15; la alte forme 1,5 la 5. Folosind aliaje în loc de fier carbonil se capătă permeabilitate iniţială de peste 50.

Întrucît ca lianţi se utilizează răşini sintetice, limita de folosire a miezurilor este între 60—120°C. Coeficientul de temperatură al permeabilităţii este între 1/10 şi 1/1 000. Permeabilitatea poate fi influenţată printr-o premagnetizare. Se obţin factori de calitate de 3—400. Prin presare se pot obţine miezuri închise pentru înaltă frecvenţă, în care blindajul este foarte apropiat de bobină.

Feritele (ferospineli) sînt combinaţii anorganice (oxizi) de fier (Fe_2O_3) cu oxizi de Ba, Cd, Co, Cu, Mg, Mn, Ni, Zn. Mai pot apărea alte combinaţii nemetalice, în care fierul este înlocuit prin alt element: manganite, sulfuri. Feritele se prepară prin sinterizare; nu se poate face o prelucrare ulterioară cu şpan. Se poate lucra pînă la circa 1 MHz. Permeabilitatea creşte mai întîi cu creşterea temperaturii, apoi scade deasupra punctului Curie (punctul de transformare magnetică). Rezistivitatea în curent continuu variază de la cîteva zeci la circa 10^8 Ω cm, cu valorile mai mari pentru ferite cu permeabilitate redusă. Forţa coercitivă între 0,2 şi 15 Oe.

Sînt descrise utilizări şi sînt date caracteristici ale diferitelor materiale.

A.S

CZ 621.313.048 :621.715.61

Materiale izolante în construcţia maşinilor electrice. [După R. Wessel,: Elektrotechnik Würzburg, 38(1956) 20, p. 185—186].

La începuturile industriei electrotehnice materialele izolante erau considerate ca auxiliare ale metalelor în construcţia maşinilor. Abia mai tîrziu s-a ajuns la concluzia că materialele izolante fac parte din construcţia maşinilor electrice în aceeaşi măsură ca şi metalele. S-a constatat că proprietăţile lor variază cu temperatura; că în maşinile rotative sînt supuse eforturilor mecanice (forţa centrifugă, dilataţiile conductoarelor metalice), cărora izolantul trebuie să le facă faţă, înglobînd tot bobinajul într-o masă compactă fără incluziuni de aer.

Se mai cere o bună conductibilitate termică, deoarece puterea nominală a unei maşini depinde de posibilitatea de evacuare a căldurii produse. Puterea nominală admisibilă a unui tip de maşină variază cu rădăcina pătrată a depăşirii de temperatură a bobinajului faţă de temperatura ambiantă, definită de norme. În VDE 0530 se specifică 40°C. Rezistenţa termică a diferiţilor izolanţi a dus la împărţirea acestora în clase, cu o temperatură limită admisibilă sub care nu se poate întîmpla o distrugere a materialului corespunzător.

Clasa de rezistenţă termică A (95°C) cuprindea izolanţi clasici: bumbac, mătase, preşpan, lacuri pe bază de uleiuri sicative, mase asfaltice. Clasa B (115°C) cuprindea produse de mica şi de azbest, precum şi mase asfaltice cu punct de înmuiere ridicat.

Dezvoltarea chimiei maselor plastice a perfecţionat materialele izolante. După prescripţiile VDE, în locul celor trei clase de la început există azi şapte clase de rezistenţă ter-

mică. Clasa şasea, H, este prevăzută pentru o temperatură de 180°, iar a şaptea, C, pentru temperaturi peste 180°, cuprinzînd materiale care practic nu pot fi folosite pentru izolarea bobinajelor: mica, sticla, porţelan, cuarţ etc.

Au mai fost urmărite şi alte criterii pentru dezvoltarea materialelor izolante: rigiditatea dielectrică mărită, stabilitate şi rezistenţă chimică mai bună, rezistenţă mai bună în climatul tropical. Utilizînd foi izolante groase de cîteva sutimi de milimetru cu o rigiditate dielectrică de 50 kV/0,1 mm (clorură de polivin.), s-a făcut economie de spaţiu. Astfel s-a îmbunătăţit şi transmisia termică.

Se utilizează azi mase plastice sub diferite forme: plăci, piese presate, lacuri. S-au introdus lacurile fără ulei. Întărirea maselor plastice se face prin: condensare (evaporarea solventului), oxidare (cu oxigenul din aer), polimerizare (înlănţuirea moleculelor simple).

Lacurile cu siliconi (combinaţii organice ale siliciului) se usucă prin condensare; ele intră în clasa H, nefiind influenţate nici de umezeală.

O ultimă grupă de materiale izolante o formează răşinile de turnare. Acestea nu conţin nici un solvent şi se întăresc exclusiv sub influenţa căldurii. Ele nu se polimerizează decît în prezenţa unor anumiţi catalizatori. Răşinile de turnare sînt bune pentru impregnarea în profunzime a bobinelor, mai ales în vid, pentru a nu menţine nici o incluziune de aer în interior.

A.S.

CZ 621.318

Studiul experimental al caracteristicilor capacitive ale izolaţiei motoarelor asincrone de joasă tensiune. [După V. A. Baev; Vestn. Electroprom., 28(1957) p. 72—77].

În ultima vreme în practica măsurătorilor preventive a izolaţiei maşinilor electrice şi a transformatoarelor se folosesc metode capacitive bazate pe măsurarea curentului de absorbţie din izolaţie. Se descriu metodele principale, şi anume:

1) capacitate-temperatură cu criteriul $\frac{C_{80} - C_{20}}{C_{20}} 100 \leqslant 20\,\%$ pentru izolaţia umezită de clasa A a electromotoarelor şi $\frac{C_{80}}{C_{20}} \leqslant 1{,}2$ pentru izolaţia umezită a transformatoarelor;

2) capacitatea în curent continuu cu criteriul $\frac{C_0}{C_{1000}} = \frac{\int_0^t i_{abs}\, dt}{U_0 \cdot C_{1000}} \leqslant 1{,}3-1{,}5$ pentru izolaţia umezită a maşinilor electrice;

3) capacitatea-frecvenţă cu criteriul $\frac{C_2}{C_{50}} \leqslant 1{,}1 - 1{,}4$ pentru izolaţia umezită a transformatoarelor de forţă.

Se expun rezultatele unor încercări pentru izolaţiile maşinilor electrice impregnate în diverse lacuri şi în diferite regimuri termice.

Se studiază caracteristicile capacitive în timpul proceselor artificiale de îmbătrînire, prin încălziri pînă la 150°C. Paralel cu aceste încercări se fac măsurători de pierderi dielectrice şi de rezistenţa izolaţiei.

A.B.

Măsurători şi instrumente de măsuri electrice

CZ 621.317

Metode generale pentru încercarea contoarelor de inducţie. [După K. Engelbach; Arch. Techn. Messen. (1957) 252, Z. 733—8 (21—24)].

În tehnica încercării contoarelor se deosebeşte „reglarea" şi „încercarea". Prin reglare se înţelege deplasarea organelor die reglaj ale contorului în scopul de a obţine o abatere minimă dată de valoarea necesară. Determinarea erorilor persistente mupă reglaj, se numeşte încercare. Se enumeră 7 norme germane pentru încercare. Articolul nu se ocupă de determinareacaracteristicilor constructive ale contoarelor. Metodele obişnuite azi pentru încercarea contoarelor sînt următoarele:

a) *Metoda disc-putere-timp.* Timpul *t*, necesar discului contorului de încercat pentru efectuarea unui număr determinat de rotaţii la o sarcină constantă, măsurat cu cronometrul, este comparat cu timpul necesar dedus din constanta contorului (rot/kWh). Se utilizează pentru contoare de precizie.

Avantaje: Verificatorul se ocupă de un singur obiect de încercat, care este observat riguros. Aparatul pentru măsurarea puterii cu care se determină sarcina poate fi verificat direct cu etaloanele primare.

Dezavantaje: Verificatorul trebuie să observe în acelaşi timp obiectul de încercat şi instrumentele; încărcarea trebuie să rămînă constantă în timpul încercării; procedeul nu este economic, deoarece aparatele sînt verificate individual; eroarea trebuie calculată; controlul reductorului nu intră în cadrul încercării.

b) *Metoda controlului de încercare.* Proba şi etalonul sînt conectate pe o sarcină dată; etalonul este pornit la trecerea prin zero a semnului de pe discul probei şi este oprit după un număr determinat de rotaţii ale probei. Eroarea relativă a probei faţă de etalon poate fi citită pe o scară a etalonului.

Avantaje: Verificatorul se ocupă numai cu un singur aparat; sarcina nu trebuie să rămînă constantă în timpul încercării, deci nu trebuie observate în permanenţă instrumentele; eroarea poate fi citită direct.

Dezavantaje: metoda nu este economică, deoarece se încearcă un singur aparat deodată; nu se examinează precizia raportului de transmisie al reductorului; pentru compararea contorului etalon cu etaloanele fundamentale este nevoie de dispozitive auxiliare.

c) *Metoda sincronă.* O serie de aparate identice ce trebuie încercate sînt legate pe o sarcină împreună cu un aparat de acelaşi tip reglat. Toate semnele discurilor sînt aduse la zero, apoi contoarele sînt pornite şi după un număr determinat de rotaţii sînt oprite cînd semnul etalonului este la zero. Eroarea relativă a fiecărui instrument faţă de etalon este determinată din distanţa faţă de zero a semnului fiecărui contor. Se utilizează în special la reglajul contoarelor.

Avantaje: Metoda economică, deoarece se încearcă mai multe aparate în acelaşi timp; sarcina nu trebuie să rămînă constantă; eroarea se determină direct din abaterea faţă de poziţia iniţială a semnelor.

Dezavantaje: Verificatorul trebuie să fie atent la mai multe contoare; metoda poate fi utilizată numai cu capacul contoarelor demontat; nu se examinează precizia raportului de transmisie a reductorului; nu se poate face o comparare a contorului etalon cu etaloanele fundamentale.

d) *Metoda de durată.* Un mare număr de instrumente identice este montat împreună cu unul sau mai multe instrumente de comparaţie pe o sarcină. După cel puţin două rotaţii ale ultimei role cu cifre se determină din poziţia mecanismului contor eroarea relativă între instrumentele ce se încearcă şi etaloane. Se utilizează pentru verificarea contoarelor reglate prin alte metode.

Avantaje: Metodă foarte economică, deoarece se încearcă în acelaşi timp un mare număr de instrumente; sarcina nu trebuie menţinută constantă; angrenajul este încercat şi el.

Dezavantaje: Timpul necesitat de încercare este lung; eroarea trebuie calculată.

Se indică schemele electrice ale metodelor şi formulele pentru calculul erorilor.

A.S.

CZ 621.317.725

Voltmetre cu domeniul iniţial comprimat I. [După B. Bläss şi K. Moeller; Arch. Tehn. Messen (1957) 253, V 015—9 (43—44)].

Indicaţia voltmetrelor pentru controlul reţelelor nu interesează în domeniul 0—90% din tensiunea nominală, dar în rest trebuie să dea indicaţii asemănătoare cu ale instrumentelor de precizie. Mai este interesant punctul zero. De asemenea, aceste instrumente trebuie să fie tot atît de robuste ca şi instrumentele de tablou şi cele înregistratoare. Trebuie deci ca în domeniul interesant raportul $\frac{d\alpha}{dU}$, adică variaţia

deviației α în raport cu variația mărimii de măsurat U să fie mai mare la aceste instrumente decît la cele obișnuite. O asemenea îmbunătățire se poate obține dacă se deformează gradația scării unui instrument cu bobină mobilă sau dinamic printr-o construcție adecvată a întrefierului. În modul acesta se ușurează numai citirea, precizia neîmbunătățindu-se.

Sistemele de construcție pentru voltmetre cu domeniul inițial comprimat pot fi împărțite în trei grupe: 1-sisteme bazate pe existența unor cîmpuri diferite în două sau mai multe sisteme de măsură; 2-sisteme cu comprimarea punctului de zero; 3-sisteme care folosesc elemente neliniare. Cu sistemele 1 și 3 se poate obține o precizie mărită față de instrumentele obișnuite, fără ca robustețea lor mecanică să fie afectată. Sistemele bazate pe rezistențe neliniare permit o mare precizie, iar scările sînt reproductibile în limite largi. Adesea se poate obține chiar o împărțire aproape perfect liniară, a scării. În continuare se descrie sistemul 2. După observația că o tensiune continuă mecanică magnetică sau electrică are dezavantajul că nu se poate recunoaște starea de nefuncționare a instrumentului și nu permite corecția punctului de zero, se descriu pe scurt sistemele de comprimare mecanică, magnetică și electrică a punctului zero. Pentru sistemul 1 se descrie un sistem în care cuplurile motoare depind diferit de mărimea de măsurat și altul în care cuplurile motoare ale sistemelor de măsură depind diferit de unghiul de deviație, dar după aceeași funcție de mărimea de măsurat.

A.S.

CZ 621.317.761

Frecvențmetre cu arătător. [După K. Sattelberg; Arh. Techn. Messen. (1957) 252, V 3612—9 (5—8)].

Primele instrumente cu schema utilizată azi pentru înregistratoarele de frecvență, cu salt de fază, posedă un echipaj cu două înfășurări. În ultimul timp au apărut instrumente cu scala lungă și o deviație a acului de 250°. Frecvențele înregistratoare cu mecanism de inducție se construiesc cu două circuite rezonante: unul din circuite este acordat pe o frecvență sub frecvența de rezonanță, celălalt pe o frecvență deasupra acestei frecvențe. La o construcție îngrijită erorile celor două jumătăți ale schemei se compensează fără vreun dispozitiv suplimentar.

Pentru telemăsurarea frecvențelor s-a construit un traductor, care măsoară frecvența cu ajutorul a două dinamometre cuplate. La frecvențmetrele cu redresoare se deosebesc două tipuri: cele cu bobină mobilă, care mai depind de tensiune și cele logometrice pentru curent continuu, la care dependența de tensiune este redusă.

Se dau diagramele vectoriale și schemele electrice ale diferitelor sisteme de frecvențmetre descrise.

A.S.

Tracțiune electrică

CZ 621.335.42:625.628.5

Vagon de tramvai din două părți îmbinate cu articulație ale Societății de tramvaie din Kassel [După G. Stetza; Elektrische Bahnen, 27 (1956) 5, p. 115—116].

Societatea de tramvaie din Kassel împreună cu fabrica de vagoane Credé au pus în exploatare un vagon motor de tramvai de mare capacitate compus din două părți legate între ele prin o articulație și fără pereți despărțitori, astfel că vagonul constituie o singură unitate. Întreaga unitate se compune din două vagoane de tip mic, legate între ele cu o parte intermediară fără roți așezate pe articulații și împreunată cu două legături în formă de burduf. Date caracteristice: 158 locuri, 19,6 m lungime 2,2 m lățime, 22 000 kg, greutatea tramvaiului gol. Sasiul vagoanelor și infrastructura cu roți este aceeași ca la tramvaiele de tip curent, roțile avînd 760 mm diametru. Tramvaiul este echipat cu două motoare de 60 kW, 600 V montate pe vagonul întîi, al doilea vagon avînd rolul unei remorci. Încălzirea se realizează în vagonul motor prin reostatele de pornire și de frînare ale motoarelor. Vagonul este echipat cu frînă electrică de motor, cu o a doua frînă electromagnetică de șină și cu o frînă de siguranță de mînă.

O.S.

Norme și standarde

CZ 621.315.332.7.001.4

Aparate de încercare după prescripțiile VDE. [După *G. Muller*, Elecktrotechnik Würzburg, 38(1956)19, p. 180]

În articolul recenzat, care face parte dintr-o serie cu acest subiect, sînt descrise două aparate pentru încercarea conductoarelor de bobinaj emailate. Amîndouă încearcă duritatea peliculei de lac și rezistența impregnantului.

Primul aparat, după DIN 46453 intrat în vigoare la începutul anului 1955, este format dintr-un creion de o anumită duritate (între B6 și H8) care montat pe o sanie, se plimbă de-a lungul unei mostre de conductor emailat. Momentul distrugerii peliculei izolante și deci al atingerii între creion și metalul conductorului este semnalizat de o lampă cu neon. Înaintea încercării mostra este ținută în termostat la 50 ± 1°C.

Prescripția americană NEMA MW 15—1955, Test 5.2.3, conține aceeași încercare prin zgîriere, însă în locul creioanelor se folosește o sîrmă de oțel.

Sînt descrise aparatele și metodele, arătîndu-se în concluzie că metoda NEMA este mai bună, deoarece rezultatele pot fi mai ușor reproduse.

A.S.

Recenzii

CZ 537

CALAȘNÍCOV S. G.: Electricitatea (curs de fizică generală vol. II). Editura de Stat pentru Literatură Tehnică și Teoretică, Moscova, 1956, 664 pag. 552 fig.

Alcătuirea unui manual de electricitate experimentală este o problemă, uneori, mai dificilă decît elaborarea unei lucrări corespunzătoare de electricitate teoretică, deoarece rostul unei cărți de fizică experimentală și în special de electricitate experimentală este să introducă pe baza datelor experimentale, conceptele — în cazul de față deosebit de abstracte — mărimile primitive și legile de care se folosește mai tîrziu teoria.

Pe de altă parte, materialul experimental care stă la dispoziția autorului este foarte vast și alegerea judicioasă a experiențelor reprezentative necesită o adevărată artă. De aceea analiza oricărei lucrări de acest gen trebuie făcută ținînd seamă de dificultățile ce se ivesc la alcătuirea ei. Autorul lucrării recenzate este profesor la Facultatea de Fizică a Universității din Moscova, iar lucrarea a fost scrisă pe baza lecțiilor ținute la această facultate. După cum mărturisește autorul, la baza expunerii stau faptele experimentale punîndu-se un accent deosebit pe principiile pe care se bazează metodele de măsură ale mărimilor electrice și magnetice. S-a ținut seama că asimilarea materiei este dublată de lucrări de laborator și de aceea experiențele sînt descrise principial ceea ce le face mai accesibile.

După cum am spus, succesul unei lucrări de fizică experimentală este succesul cu care sînt sintetizate din experiențe mărimile primitive și legile domeniului de cercetare respectiv. De aceea în decursul analizei pe care o vom face vom urmări mai ales modul în care se realizează această sintetizare. Ne va interesa cum se introduc în special sarcina electrică, momentul electric, intensitatea cîmpului electric, inducția electrică, momentul magnetic, intensitatea cîmpului magnetic, inducția magnetică, intensitatea curentului electric etc. Ne va interesa, de asemenea, cum rezultă din experiențe legea inducției, legea circuitului magnetic, legea conservării sarcinii, legea fluxului electric și legea fluxului magnetic etc.

Lucrarea are patru părți împărțite în 24 de capitole și o anexă.

Partea întîi se intitulează „*Cîmpul electric*" și conține 7 capitole. La început se descriu experiențele elementare care pun în evidență electrizarea corpurilor și existența în natură a celor două feluri de electrizări. După ce se scoate în evidență fenomenul de inducție electrostatică se descriu cele mai simple aparate pentru detecția corpurilor electrizate (electroscopul etc.) și cele mai simple mașini electrostatice,

Sarcina electrică este introdusă ca mărime primitivă pe baza legii lui Coulomb, indicîndu-se totodată şi unităţile de măsură în diferite sisteme de unităţi. Pentru a ilustra că frecarea nu este singurul mijloc de producere a electrizării se descriu şi pilele galvanice ca aparate care au proprietatea să-şi electrizeze electrozii. Sînt expuse apoi experienţele din care rezultă legea conservării sarcinii sub forma sa din electrostatică.

În paragraful care tratează despre electron se vorbeşte despre sarcina electrică elementară şi se schiţează o explicaţie electronică elementară a faptelor experimentale prezentate anterior. Scopul acestui paragraf este acela de a pregăti pe cititori în vederea interpretării microscopice a mărimilor electrice şi magnetice care urmează să fie introduse în capitolele ulterioare.

Intensitatea cîmpului electric în vid se introduce pe baza acţiunii ponderomatoare care se exercită asupra corpurilor încărcate cu sarcină electrică. Se enunţă principiul superpoziţiei ca fapt experimental şi apoi se demonstrează teorema lui Gauss. Pe aceste baze se fac consideraţii asupra topologiei cîmpului electric.

Un capitol întreg este destinat introducerii conceptelor de potenţial şi diferenţă de potenţial. Momentul electric este introdus ca mărime derivată pe baza modelului microscopic. Aceasta uşurează introducerea sarcinii de polarizaţie şi permite abordarea problemei celei mai spinoase a electrostaticii şi anume definirea intensităţii cîmpului electric şi a inducţiei electrice în corpuri. Deşi autorul foloseşte în acest scop modelul microscopic al polarizaţiei electrice, din expunere rezultă clar rolul esenţial al cavităţilor maxwelliene pentru introducerea corectă, pe baza experienţelor macroscopice, a celor două mărimi primitive.

Partea întîia se încheie cu studiul electrocineticii în care se acordă o deosebită atenţie legilor lui Ohm şi Joule-Lenz. Introducerea densităţii curentului de conducţie se face pe baza teoriei electronilor. Mai remarcăm o expunere foarte frumoasă a tuturor proprietăţilor de material (piezoelectricitate, seignetoelectricitate etc.), dublată de experienţele corespunzătoare şi de explicaţii electronice la nivelul cunoştinţelor elementare. Pentru expunerea acestei părţi se foloseşte sistemul de unităţi C.G.S.E,S. neraţionalizat.

Partea a doua intitulată *„Cîmpul magnetic"* conţine 6 capitole şi este destinată, de fapt, electrodinamicii.

Intensitatea cîmpului magnetic în vid este introdusă pe baza experienţelor lui Ampère insistîndu-se suficient asupra caracterului fictiv al „elementului de curent". Legea circuitului magnetic în vid sub forma valabilă în magnetostatică rezultă ca o consecinţă a definiţiei folosite pentru intensitatea cîmpului magnetic. Se studiază cîmpul magnetic produs de mişcarea unei particule încărcate şi experienţa lui Eichenwald cu scopul unei formulări mai generale a legii circuitului magnetic. Forţa lui Lorentz rezultă ca o consecinţă directă a modului de prezentare ales.

Experienţele din care se sintetizează legea inducţiei sînt descrise detaliat insistîndu-se pe larg asupra fiecăreia. Intensitatea cîmpului magnetic şi inducţia magnetică în corpuri sînt prezentate pe baza ipotezei curenţilor moleculari ai lui Ampère. Rolul cavităţilor maxwelliene este din nou subliniat. Proprietăţile magnetice ale corpurilor (diamagnetismul, paramagnetismul, feromagnetismul) sînt descrise mai întîi fenomenologic şi apoi explicate pe baza teoriei electronilor. Un capitol separat este destinat descrierii aplicaţiilor tehnice ale cîmpului magnetic. În cadrul lui sînt tratate pe scurt maşinile electrice de curent continuu şi alternativ.

În încheiere sînt prezentate ecuaţiile lui Maxwell şi cîteva elemente ale electrodinamicii corpurilor în mişcare lentă. În ultimul paragraf se analizează transformarea Lorentz insistîndu-se asupra caracterului relativ al mărimilor electrice şi magnetice. Capitolele referitoare la cîmpul magnetic sînt scrise în sistemul C.G.S.E.M. neraţionalizat iar ecuaţiile lui Maxwell sînt scrise în sistemul Gauss.

Partea a treia intitulată *„Fenomene electronice şi ionice"* conţin 6 capitole şi este probabil partea cea mai reuşită a cărţii atît prin numărul problemelor tratate cît şi prin modul de tratare.

Astfel sînt prezentate pe rînd : teoria electronică a conductibilităţii metalelor, trecerea curentului electric prin vid, descărcările în gaze, elemente de optica electronică, curenţi în electroliţi şi fenomenele electrice de contact. Nivelul expunerii variază de la capitol la capitol în funcţie de greutăţile metodice care intervin şi este în general elementar.

Partea a patra intitulată *„Unde şi oscilaţii electromagnetice"* conţine cinci capitole în care se studiază curenţii alternativi în circuitele cu parametrii concentraţi, undele electromagnetice în dielectrici, radiaţia undelor electromagnetice şi cîteva aplicaţii ale acestora.

În anexă sînt prezentate la un nivel superior cîteva chestiuni ca legea lui Langmuir, teoria experienţelor lui Cavendish şi Maxwell, presiunea undelor electromagnetice, sistemele de unităţi şi altele, a căror prezentare în cuprinsul cărţii ar fi îngreuiat citirea ei.

Privită în ansamblu cartea poate fi considerată drept un bun manual de electricitate generală care satisface exigenţele unui manual de electricitate experimentală. Pentru ingineri şi tehnicieni citirea ei este utilă prin aceea că spre deosebire de alte manuale similare mai vechi, în cartea prof. Calaşnicov sînt prezentate şi chestiuni moderne ca semiconductoarele, feritele etc. Ca parte a unui curs de fizică generală cartea este indiscutabil utilă mai ales celor cărora li se adresează, adică studenţilor.

Ing. **Al. Timotin**
Ing. **A. Ţugulea**

L. BRILLOUIN şi M. PARODI : Propagarea undelor în medii periodice, Ed. Masson, Paris, 1957, 348 pag.

Problema propagării undelor continuă să formeze obiectul a numeroase studii, deşi ideile generale se cunosc încă de la d'Alembert. Evident, între timp obiectul cercetărilor a evoluat. De unde la început s-a studiat mişcarea ondulatorie, acum se studiază probleme speciale legate de propagarea undelor electromagnetice în medii cu structuri prezentînd o periodicitate spaţială.

Lucrarea de faţă conţine o expunere a unor probleme fizice foarte diverse, care sînt însă reductibile toate la studiul matematic al ecuaţiei similare. Cartea abordează astfel atît chestiuni de electrotehnică şi telecomunicaţii, cît şi studii asupra vibraţiilor şi , în fine, studiul propagării undelor elastice, electromagnetice şi electronice în reţelele cristaline.

Enumerarea materialului prezentat va da o imagine mai clară asupra întregii lucrări.

În primul rînd, în lucrare se face un scurt istoric asupra propagării undelor elastice într-o reţea unidimensională formată din mase punctuale. Se trece apoi la studiul propagării undelor într-o reţea polidimensională. Se face astfel atît o prezentare a rezultatelor generale cît şi analiza calitativă a fenomenelor. Se trece la studiul matematic exact al reţelelor formate din particule identice. Se abordează mai întîi reţelele unidimensionale formate din particule identice, dar se trece apoi şi la studiul reţelelor mai complexe.

Rămînînd în cadrul problemei plane, se abordează chestiunea vitezelor de fază, de grup, de propagare a energiei. Precum se ştie, această distingere a vitezelor devine necesară în cazul mediilor puternic dispersive, la care viteza de grup poate depăşi viteza de propagare a luminii în spaţiul liber. Cu această ocazie se arată că nu trebuie confundată viteza de transport a energiei cu viteza de grup. Viteza de transport a energiei este totdeauna mai mică decît viteza de propagare a luminii în vid.

Se trece apoi la studiul reţelelor bi şi tridimensionale.

Urmează apoi studiul propagării undelor de-a lungul liniilor lungi. Se aplică algebra matricială pentru propagarea undelor de-a lungul liniilor lungi.

Pentru studiul filtrelor electrice se utilizează polinoamele $C_n^{\frac{1}{2}}(x)$ ale lui Gegenbauer.

Ultimele capitole ale lucrării tratează despre ghidurile de undă şi despre mişcarea unui electron într-un cîmp periodic.

Această lucrare adună un material foarte bogat relativ la o serie de probleme interesante. Întreaga lucrare este la nivelul actual al ştiinţei, deci la înalt nivel matematic. Materialul prezentat interesează pe toţi cei ce studiază fenomenele de propagare a energiei electromagnetice.

Prof.ing. **Edm. Nicolau**

СОДЕРЖАНИЕ

Д. К. 621.314.634.

Mozes Gh., Cosăceanu L. и *Tenescu E.*

Производство селеновых выпрямительных ячеек.

Electrotehnica V (1957), 9, стр. 269

Кратко излагаются современные представлении об явлений происходящих при производстве и работе селеновых выпрямительных ячеек. Описываются также промышленые методы производства этих выпрямителей и некоторые данные связаные с технологическом процессом очищения селена. Приведены полученые результаты.

Д. К. 621.315.612.2.

Nicolae M. и *Marcus B.*

Электротехнический фарфор из местного сырья.

Electrotehnica V (1957) 9. стр. 281

В статье приведены результаты долгих исследований произведеных в И.К.П.Е.Т-е в виду улучшения качества изоляторного фарфора румынского производства. Показано что сырьё находящееся в стране обеспечивает условия производства электротехническ го фарфора лучшего качества.

Д. К. 621.352.32.

Barosu M. и *Diaconu L;*

Производство плоских батарей типа Zn—Mn O_2.

Electrotehnica V (1957) 9 стр. 284

Кратко излагается технология производства плоских батарей типа Zn—Mn O_2, имеющих меньший объем и расход цинка по сравнению с цилиндрическими батареями этого же типа. В статье приведены характеристики некоторых образцов созданых в И.К.П.Е.Т-е.

Д. К. 621.318.322.

Ivaşcu V. и *Tanach V.:*

Магнитно-мягкие материалы на основе феритов.

Electrotehniea V (1917) 9 стр. 290

Статья содержит синтетическое изложение основных свойств феритов использованных в качестве магнитномягких материалов. Физические явления происходящих в феритах обясняются с точки зрения современных теорий.

Д. К. 621.315.615.2.

Mozes Gh. и *Cosăceanu L.;*

Исследования устоичивости трацсформаторного масла.

Electrotehnica V (1957), 9, стр. 299

Приведены теоретические и экономические соображения в пользу употребления противоокислителей в трансформаторном масле. Кратко изложены результаты исследования эффективности двух противоокислителей изготовленых в лаборатории.

РЕФЕРАТЫ, стр. 304

РЕЦЕНЗИИ, стр. 307

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.314.634

Mozes Gh., Cosăceanu L. und Tenescu E.:

Die Fabrikation der Gleichrichter-Selenzellen

Electrotehnica, V (1957)H. 9, S. 269

Es werden kurz die jetzigen Auffassungen dargestellt bezgl. Herstellung und Funktionierung der Selenzellen. Es werden die industriellen Methoden zur Herstellung der Zellen besprochen und gewisse Aspekte beschrieben in Bezug auf die bereits verrichteten Arbeiten zur Bestimmung des technologischen Reinigungsprozesses des Selens und der Fabrikation der gleichrichtenden Zellen. Es werden dann die erzielten Resultate dargestellt.

DK 621.315.612.2

Nicolae M. und Marcus B.

Elektrotechnisches Porzellan mit inländischen Rohstoffen

Electrotehnica, V(1957)H. 9, S. 281

Die Arbeit enthält die Resultate eines ausgedehnten vom ICPET unternommenen Studiums zur Verbesserung der Porzellanqualität für die im Lande hergestellten Isolatoren. Als Schlussfolgerung stellt man fest dass die einheimischen Rohstoffe die Herstellung eines qualitativ hochwertigen Materials erlauben, welches eine vollkommene Isolation gewährleistet.

DK 621.352.32

Barosu M. und Diaconu L.:

Die Fabrikation der flachen Anodenbatterien der Type Zn-MnO_2

Electrotehnica, V(1957)H. 9, S. 284

Die Verfasser beschreiben kurz den Herstellungsgang der Batterien die aus plattenförmigen Elementen der Type Zink-Mangandioxyd bestehen, welche gewöhnlich ein reduziertes Volumen und einen kleinen Zinkverbrauch gegenüber den üblichen Batterien mit Zylinder-elementen haben. Der Artikel bringt die Charakteristiken einiger vom ICPET hergestellten Batteriemodelle.

DK 621.318.322

Ivaşcu V. und Tanach V.:

Neue magnetische Materialien auf Ferritbasis

Electrotehnica, V(1957)H. 9, S. 290

Der Artikel enthält eine synthetische Darstellung der magnetischen Eigenschaften von Ferriten, die als neue magnetische Materialien verwendet werden. Es werden die physikalischen Vorgänge in den Ferriten im Lichte der neuesten Theorien klargelegt.

DK 621.315.615.2

Mozes G. und Cosăceanu L.:

Das Studium der Stabilität von Transformatoreröl

Electrotehnica, V(1957)H, 9, S. 299

Es werden die theoretischen und wirtschaftlichen Gründe erörtert, welche zugunsten der Verwendung von Gegenoxydanten beim Transformatorenöl sprechen. Dann werden die Studien dargelegt, die bzgl. der Wirkung von zwei im Laboratorium hergestellten Gegenoxydanten gemacht wurden.

REFERATE, S. 304

BUCHBESPRECHUNG, S. 307

SOMMAIRE

CD 621.314.634

Mozes Gh., Cosăceanu L. et Ţenescu E. :

La fabrication des cellules redresseuses à sélénium

Electrotehnica, V(1957)no. 9, p. 269

On expose, en résumé, les conceptions actualles sur les phénomènes qui interviennent dans la fabrication et le fonc ion nement des cellules à sélénium. On analyse des méthodes industrielles pour la fabrication des cellules et on y décrit quelques aspects des travaux effectués pour la mise au point du procès technologique de purification du sélénium et de la fabrication des cellules redresseuses. On présente les résultats obtenus.

CD 621.315.612.2

Nicolae M. et Marcus B. :

La porcelaine électrotechnique fabriquée avec des matières premières indigènes

Electrotehnica, V(1957)no. 9, p. 281

On présente les résultats d'une longue étude poursuivie à ICPET à fin d'améliorer la qualité de la porcelaine indigène pour isolateurs. On conclut que les matières premières indigènes assurent la fabrication d'un matériel à qualités supérieures, qui conduisent à une isolation excellente.

CD 621.352.32

Barosu M. et Diaconu L. :

La fabrication de batteries anodiques plates à éléments du type $Zn\text{-}MnO_2$

Electrotehnica, V(1957)no. 9, p. 284

On expose sommairement la technologie de la fabrication des batteries à éléments du type $Zn\text{-}MnO_2$ de forme parallélipipédique, qui ont généralement un volume réduit et une consommation réduite de zinc en comparaison avec les éléments cylindriques usuels. On présente quelques modèles de batteries réalisées à ICPET.

CD 621.318.322

Ivaşcu V. et Tanach V. :

Ferrites magnétiques doux

Electrotehnica, V(1957)no. 9, p. 290

L'article contient une présentation synthétique des propriétés magnétiques des ferrites doux. On explique les phénomènes physiques qui caractérisent les ferrites à la lumière des théories modernes.

CD 621.315.615.2

Mozes Gh. et Cosăceanu L. :

Etude de la stabilité de l'huile de transformateur

Electrotehnica, V(1957)no. 9, p. 299

On présente les arguments théoriques et économiques à la faveur de l'utilisation des anti-oxydants pour l'huile de transformateur On présente les études effectuées sur l'efficacité de deux antioxydants préparés au laboratoire.

DOCUMENTATION, p. 307

COMPTES-RENDUS, p. 304

CONTENTS

DC 621.314.634

Mozes Gh., Cosăceanu L. and Ţenescu E. :

Manufacture of redressing cells with selenium

Electrotehnica, V(1957)no. 9. p. 269

The actual conceptions on the phenomena occurring during the fabrication and functionning of cells with selenium are briefly exposed. The industrial methods for cell fabrication are discussed and some aspects of the achieved work in order to establish the technological process of purifying the selenium and producing redressing cells, are described. The realized performances are presented.

DC 621.315.612.2

Nicolae M. and Marcus B. :

Electrotechnical porcelain with raw materials of our country

Electrotehnica, V(1957)no. 9, p. 281

The paper presents the results of a long time study carried out at the ICPET with the aim of improving the quality of the porcelain made in Rumania for insulators. It follows of the conclusion that the raw materials available in our country allow to realize a high quality material ensuring a perfect insulation.

DC 621.352.32

Barosu M. and Diaconu L. :

The manufacture of plate anodic batteries of type $Zn\text{-}MnO_2$

Electrotehnica, V(1957)no. 9, p. 284

The authors present summarily the technology of fabricating batteries consisting of elements of the zinc-manganese dioxide of parallelipiped shape, which generally have a volume reduced and zinc consumption reduced, in comparison with the common batteries of cylindrical elements. In the paper are considered the characteristics of several models of batteries performed at ICPET.

DC 621.318.322

Ivaşcu V. and Tanach V. :

Soft magnetic materials on base of ferrites

Electrotehnica, V(1957)no. 9, p. 290

The paper contains a synthetical presentation of the magnetic properties of ferrites used as soft magnetic materials. The physical phenomena which take place in ferrites are explained in accordance with the most recent theories.

DC 621. 316.615.2

Mozes Gh. and Cosăceanu L. :

A study on the stability of transformer oil

Electrotehnica, V(1957)no. 9, p. 299

Theoretic and economical arguments telling in favour of applying antioxidizers to transformer oils are displayed. The researches performed on the efficiency of two antioxidizers prepared in laboratory are succintly presented.

ABSTRACTS, p. 304

BOOK REVIEWS, p. 307

Országos Műszaki Könyvtár TULAJDONA

ELECTROTEHNICA GENERALĂ 621.3.01

Schäffer I. I. : CZ 621.3.01
Contribuţii la teoria circuitelor electrice cu elemente neliniare Dizert. E.T.H., Zürich, no. 2614, (1956) p. 93.

Bacaev Iu şi P. Cuzheţeov : CZ 621.3.012 :621.376.23
Metoda mediei şi aplicarea ei la unele probleme neliniare în electronică. Radiotehnica 11(1956)10, p. 3—12.

MAŞINI ELECTRICE 621.313

Fenomore A. S. : CZ 621.313 :621.68
Pompe liniare de inducţie pentru metale lichide. Engineer 203 (1957)5, p. 752—755.

Vegner O. G. şi Vegner V. G. : CZ 621.313.047.4
Asupra elaborării condiţiilor tehnice pentru periile maşinilor electrice cu comutaţie îngreuiată. Electricestvo (1957), 1, p. 52—56.

Siunov N. S., şi Cubracov L. N. : CZ 621.313 : 621.333
Transmisia electrică a energiei mecanice prin metoda celor două fluxuri, Electricestvo, (1957)2, p. 71—74.

Mayeur R. : CZ 621.313.047.43
Elementele teoriei contactelor glisante. Rev. gen. Electr. 66(1957),4, p. 207—225.

Iantovskii E.I. : CZ 621.313
Pierderile mecanice în întrefierul unei maşini electrice al cărei rotor este situat într-un fluid. Vestn. Electroprom. (1957)9, p. 15—16.

Cucer E. R. : CZ 621.313.333
Studiul experimental al zgomotului magnetic al motoarelor asincrone din seria A. O. Vestn. Electroprom. (1957)9, p. p. 22—24.

Voronetkii B. B. : CZ 621.313.2
Calculul frecvenţelor proprii ale statoarelor maşinilor de curent continuu. Vestn. Electroprom. (1957)9, p. 24—28.

TRANSFORMATOARE ELECTRICE 621.314.1/.3

Baguş A. G. : CZ 621.314.2 : 621.316.925
Asupra „şocului" curentului de magnetizare la conectarea transformatorului. Electricestvo (1957)2, p. 38—40.

Blankenberg. W. : CZ 621.314.212—71
Probleme de încălzire în transformatoarele mari. Dtsch. Elektrotechn. 11(1957)5, p. 204—211.

Kulikowski I. : CZ 621.314.2
Forţe electrotmagnetice axiale în înfăşurările concentrice ale transformatoarelor. Rozprawy Elektrotechn. 1(1956)4, p . 275—300.

Gorodetki S. A. : CZ 621.314.2
Asupra posibilităţii evitării unei revizii obligatorii a părţi interioare a transformatoarelor la locul de montaj. Electricestvo, (1957)3, p. 52—54.

Selişcev A. N. : CZ 621.314.2
Despre necesitatea schimbării construcţiei transformatoarelor miniere. Electricestvo (1957)3, p. 55—57.

TRANSMISIA ENERGIEI ELECTRICE 621.315

Lalander S. : CZ 621.315.051
Proiectarea reţelelor suedeze de înaltă tensiune. Oster. Z. Elektr. Wirtsch. 10(1957)5, p. 144—154.

Meligunov N.M. : CZ 621.315.051.024
Perspectivele folosirii c.c. pentru transmisia energiei electrice în Uniunea Sovietică. Electricestvo (1957)2, p. 16—20.

Greselin A. : CZ 621.315.1
O metodă grafică pentru calculul liniilor de înaltă tensiune Energia elettr. 34(1957)3, p. 277—281.

MATERIALE ELECTROIZOLANTE 621.315.5

Burnier P. : CZ 621.315.61
Studiu asupra ionizării păturilor gazoase sau lichide înserate în izolaţia solidă a maşinilor şi transformatoarelor mari. Bull. Soc. franc. Electr. 6(1956)12, p. 767—780.

Iglisch I. : CZ 621.315.61
Asupra legii care guvernează durata vieţii maşinilor electrice Elektrotechn. Z. — A, 78(1957)10, p. 356—358.

REZISTOARE ELECTRICE 621.316.8

Jelezniacova S.R. : CZ 621.316.84 : 621.365.41
Aliajele fero-crom-aluminiu ca material de rezistenţe pentru cuptoarele electrice. Electricestvo (1957)3, p. 60—61.

MĂSURĂTORI ELECTRICE 621.317

Von Kaler H. : CZ 621.317.444
Contribuţii la teoria fluxmetrului. Dtsch. Elektrotechn. 11(1957)2, p. 75—78.

Keller A. : CZ 621.317.7 : 621.314.222
Un aparat portabil de tip compensator pentru încercarea transformatoarelor de măsură. Elektrotechn. Z., 78(1957)4, p 150—155.

Kallowski W. : CZ 621.317.7 :620.179
Noi posibilităţi de folosire a ultrasunetelor. Przegladtelekom (1955)2, p. 41—49.

Kulicovsckij L. F. şi Drechsler R., CZ 621.317.77/78
Vectormetru cu inducţie. Elektrotechn. Obzor, (1957)8, p 395—398.

MAGNETISM APLICAT 621.31/8

Hrabuk I. : CZ 621.318.12
Cîteva proprietăţi ale feritelor. Slaboprandij Obzor, 17(1956) 12, p. 711—714.

O. I. Von Sant : CZ 621.318.13
Viscozitatea magnetică a permaloiului cu molibden 4—79. J. appl. Phys. 28(1957)4, p. 486—494.

Hammarlund P. E. şi Sundberg V. : CZ 621.365.51 : 621.73
Încălzirea prin inducţie a pieselor de fier. A.S.E.A. Rev. 29(1957)4, p. 73—80—

Lei 5

REFERATIVA
KAT
Institut. de Documentare Tehnică
BUCUREȘTI
ОБМЕН - CSERE
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - СМЕНА
Országos Műszaki
Könyvtár
TULAJDONA

ELECTROTEHNICA

10

Electrotehnica Anul V Nr. 10 octombrie 1957

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU, prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, prof. dr. ing. A. AVRAMESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R. (redactor responsabil), ing. V. BUNEA, laureat al Premiului de Stat, prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU, conf. ing D. DAMSKER, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. ST. GROSU, conf. ing. GH. HORTOPAN, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. G. LAZARIDE, prof. dr. ing. R. RĂDULET, membru corespondent al Academiei R.P.R. laureat al Premiului de Stat.

Recomandări privind întocmirea articolelor tehnico-științifice

1. *Lucrări ce pot fi prezentate spre publicare sînt: de importanță generală, tehnico-științifice speciale, teoretice sau experimentale și tehnice obișnuite.*
2. *Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învățămînt, producție, este condiția esențială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuție trebuie să se refere la probleme noi și actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde considerații privind eficiența economică a soluțiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.*
3. *Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.*
4. *Lucrări care au mai fost publicate integral sau parțial, nu pot fi trimise redacției spre publicare*
5. *Un scurt rezumat fixînd premizele de la care s-a pornit, problema studiată și cadrul în care este tratată, nedepășind 6—8 rînduri, se va anexa lucrării.*
6. *În introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei și în preocupările producției; de asemenea se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuția autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permițînd inteligibilitatea fără dificultăți a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstrații voluminoase; de asemenea se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată, sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.*
7. *Concluziile vor concentra rezultatele obținute cu indicarea limitei de valabilitate și aplicațiilor posibile.*
8. *Anexele pot cuprinde demonstrații originale sau absolut necesare înțelegerii formulelor din text; de asemenea în anexe se pot da exemple de calcul.*
9. *Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmațiile luate din alte lucrări și care nu sînt în general cunoscute.*
10. *Nivelul articolelor va fi înalt.*
11. *Dezvoltările matematice vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului. Pentru demonstrații se vor alcătui anexe.*
12. *Se recomandă o atenție deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grije literele majuscule, minuscule sau cele ruseşti, romane, grecești, germane etc.*
13. *Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît și figuri sau tabele) speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale. Pentru cărți: numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet (eventual și tradus în paranteză), ediția, editorul, locul editării, anul. Pentru articole: numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus în paranteze), revista tomul, anul, numărul, paginile.*
14. *Scrisul la mașină al articolelor este recomandat cu insistență excepționîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură față, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.*
15. *Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicații.*
16. *Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. În notă se vor indica: titluri academice, funcțiuni, localitatea și adresa domiciliului, număr de telefon.*
17. *Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora de publicare.*
18. *Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 ore de la primire. Nu se admit modificări esențiale față de manuscris, în care caz ele cad în sarcina autorului.*

Revista „Electrotehnica", organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Grele Editor: Asociația Științifică a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. Redacția: București, Str. Ion Gnica nr. 3, telefon 3 57 28 — 3 07 30. Administrația și Casieria: București, Cal. Victoriei 118, telefon 4 06 24. Redacția își rezervă toate drepturile privind lucrările precum și materialul grafic-ilustrativ apărut în revistă cît și cele privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase, referate sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei. Revista apare lunar. Abonamentul anual: pentru întreprinderi lei 96 individual lei 30. Prețul unui exemplar: lei 5. Abonamentele se primesc la sediile administrației sau redacției; sus indicate. Tiparul: Întreprinderea Poligrafică nr. 3.București.

ELECTROTEHNICA

Anul V Nr. 10 octombrie 1957

S U M A R

CZ 621.3 :061.3 (R)
Prima conferință a electricienilor din Republica Populară Romînă 11—14 noiembrie 1957
Electrotehnica V(1957)10, p. 308

CZ 628.9
Pentru o îmbunătățire a iluminatului în Republica Populară Romînă
Electrotehnica V(1957)10, p. 309

CZ 628.971.7 : 79.093.5
Schapira W. și Militaru P. :
Instalații pentru iluminatul nocturn al stadioanelor. Prezentarea instalației proiectate pentru stadionul Republicii din București
Electrotehnica V(1957)10, p. 310

Se descrie instalația de iluminat pentru jocuri în nocturnă prevăzută a se executa pe stadionul „Republicii" din București.

CZ 683.853 : 628.94 : 666.2
Ionescu E. :
Sticla prizmatică plană utilizată pentru corpuri de iluminat
Electrotehnica V(1957)10, p. 323

Articolul tratează problema refracției luminii în prizmele de sticlă, dîndu-se ecuațiile respective. Se descriu diverse prizme de sticlă arătîndu-se marea utilitate ce o au aceste sticle prizmatice, la realizarea unor corpuri de iluminat pentru camere de comandă, muzee, expoziții etc.

CZ 628.93 :621.327.43
Nahmias G. și Rosenberg N. :
Asupra problemei deficiențiilor instalațiilor de iluminat cu lămpi fluorescente
Electrotehnica V(1957)10, p. 328

Articolul analizează cauzele deficiențelor unor instalații de iluminat fluorescent, arătînd că ele provin din nerespectarea unei serii de condiții impuse de mecanismul vederii. Se arată că instalațiile de iluminat fluorescent sînt mai pretențioase din punctul de vedere al proiectării și exploatării decît cele cu lămpi cu incandescență, dar că deficiențele semnalate se pot evita cu destulă ușurință, iluminatul fluorescent reprezentînd astăzi în majoritatea cazurilor soluția optimă pentru a crea ochiului cele mai bune condiții de lucru.

CZ 621.326.72.032.18
Grigorovici R. și Roth A. :
Metodă de proiectare a lămpilor cu incandescență umplute cu gaze inerte
Electrotehnica V(1957)10, p. 337

Autorii expun o metodă de proiectare a lămpilor cu incandescență (speciale) ale căror caracteristici diferă de cele ale lămpilor fabricate în mare serie (normale). Avantajul metodei constă în faptul că ea folosește drept bază experienta bogată dobîndită chiar de întreprinderea proiectantă asupra lămpilor produse în mare serie și reflectă în felul acesta nivelul tehnic real al fabricației.

CZ 621.326.72.032.184
Ionescu E. și Sebestyen E. :
Lămpi incandescente cu kripton
Electrotehnica V(1957)10, p. 343

Se descriu avantajele pentru economia națională la utilizarea lămpilor cu incandescență, umplute cu kripton. Se dau calculele necesare proiectării și se descrie procesul tehnologic al fabricării lor.

REFERATE p, 347
RECENZII, p. 349
CRONICA, p. 349

S U M A R

Országos Műszaki Könyvtár TULAJDONA

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ȘI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI GRELE

Anul V Nr. 10 București, octombrie 1957

Prima conferință a electricienilor din Republica Populară Romînă 11—14 noiembrie 1957

CZ 621.3 :061.3 (R)

În regimul de democrație populară sub conducerea Partidului Muncitoresc Romîn și a guvernului, baza electroenergetică, industria electrotehnică și telecomunicațiile au înregistrat o largă dezvoltare în țara noastră.

Urmărindu-se consecvent principiul leninist al electrificării pe baza unor planuri studiate în amănunt, s-au atins realizări importante în domeniul producerii transportului și distribuirii de energie electrică. Puterea instalată în centrale electrice a fost mai mult decît dublată în ultimii zece ani, utilizarea acestei puteri mărindu-se prin interconexiuni și o exploatare mai rațională. Rețelele de transport și distribuție și-au întins ramurile lor tot mai mult, punînd energia electrică, acest important factor de civilizație și progres, la dispoziția industriilor, exploatărilor și a populației. În același timp prin acțiuni bine dirijate s-au majorat indicii calitativi ai producției reducîndu-se consumul specific de combustibil și de energie electrică, îmbunătățindu-se și factorul de putere.

Industria electrotehnică a fost ridicată din stadiul unor timide începuturi la rangul unei industrii puternice, capabile nu numai să acopere cea mai mare parte a necesităților interne de mașini, utilaje și instalații electrice, dar să apară cu succes pe piața mondială cu produse electrotehnice romînești.

Telecomunicațiile s-au extins considerabil, atît în ceea ce privește exploatările, cît și industria producătoare de aparate și instalații.

Tot acest progres a fost realizat prin munca, iscusința și tenacitatea oamenilor care lucrează în acest domeniu, pe care îi putem denumi *electricieni*, într-un sens larg al cuvîntului care cuprinde muncitori, maiștri, tehnicieni, ingineri, cercetători și cadre didactice. Calificarea tehnologică tehnică și științifică a electricienilor din Republica Populară Romînă s-a ridicat în mod considerabil.

Acest progres se datorește nu în mică măsură ajutorului pe care electricienii noștri l-au primit din partea Uniunii Sovietice și a celorlalte țări de democrație populară, care s-a manifestat prin cărți și publicații științifice de tot felul, prin proiecte, standarde și documentații tehnico-industriale, prin conferințe și contactul dintre oameni din aceeași specialitate. De asemenea un rol important în ridicarea calificării electricienilor noștri îi revine Academiei R.P.R., care prin institutele sale de cercetări și cursurile de știință și tehnică a contribuit la o largă deschidere de noi orizonturi tehnico-științifice. Legături între cercetarea teoretică și realizările practice s-au consolidat și datorită liniei de dezvoltare adoptată de Învățămîntul superior.

Asociația Stiințifică a Inginerilor și Tehnicienilor prin secția sa de Energetică și Electrotehnică a urmărit atît dezvoltarea industrială în sectorul energetic-electrotehnic-telecomunicații, contribuind la rezolvarea unor probleme, în care masele de ingineri și tehnicieni puteau, prin activitatea lor bine dirijată să aducă un ajutor efectiv, cît și creșterea și îndrumarea cadrelor de electricieni, în toate domeniile în care electricitatea are un rol.

Publicațiile periodice A.S.I.T. în domenii conexe cu electricitatea, anume Electrotehnica, Energetica, Automatica și electronica, Telecomunicațiile etc. au deschis larg coloanele lor acelor electricieni care au voit să difuzeze rezultatele tehnico-științifice ale muncii lor teoretice sau practice.

Totuși această ocazie nu putea epuiza difuzarea rezultatelor concrete, atinse, dar mai ales nu putea aduce în dezbatere largă și vie aceste rezultate.

De aceea urmărind uzanțele asociațiilor profesionale mai vechi, secția de Energetică și Electrotehnică a organizat o conferință a electricenilor din Republica Populară Romînă, cu intenția de a repeta această manifestare cel puțin bienal. La această conferință urmează să se prezinte și să se pună în discuție publică rezultate concrete atinse de electricienii noștri

în cursul cercetărilor, proiectărilor, montărilor și realizărilor de tot felul.

Conferința va fi un bun prilej pentru a evidenția gradul de însușire a tehnicii noi, a adaptării teoreticienilor la necesitățile industriei și exploatărilor, la compararea nivelului de tehnicitate atins, cu acela al altor țări etc.

De aceea credem că această manifestare va avea un ecou puternic în rîndurile specialiștilor și ale celor responsabili pentru dezvoltarea mai departe a tehnicii electricității în țara noastră.

Urăm succes deplin primei conferințe a electricienilor din R.P.R.

Pentru o îmbunătățire a iluminatului în Republica Populară Romînă

CZ 628.9

În cursul dezvoltării rapide a industriei socialiste este natural ca nu toate sectoarele să progreseze în același ritm. Între problemele cărora în anii trecuți nu li s-a dat o atenție suficientă se numără și iluminatul. Într-adevăr, producția de lămpi și corpuri de iluminat a înregistrat mari progrese, s-au realizat instalații de iluminat exemplare, cu surse moderne și eficacitate mare, s-au pus în studiu și s-au rezolvat multe proiecte tehnico-științifice privind direct sau indirect iluminatul. Dar aceste realizări nu au reușit să îmbrățișeze problemele iluminatului în toată amploarea lor. Se știe că un bun iluminat constituie un factor primordial pentru mărirea randamentului muncitorilor de toate categoriile. De aceea în țările mari industriale acestei sfere de probleme i se acordă o deosebită atenție. Se studiază necesitățile și se stabilesc norme pentru iluminări pentru diferite scopuri, locuri și activități, se perfecționează sursele de lumină fabricate, se instruiesc în mod corespunzător cadrele de specialitate în materie de iluminat. Ca urmare a unor cercetări tehnice științifice și fiziologice exigențele pentru un bun iluminat au crescut considerabil în ultimul timp. Cifrele de iluminări fixate ca normale în standarde sau recomandări au crescut în mod continuu. Lămpile luminescente și fluorescente de mare eficacitate s-au introdus pe o scară largă. Chiar dacă prin aceasta nu s-a atins o reducere a consumului de energie pentru iluminat, totuși, iluminările s-au mărit în mod continuu. Nu trebuie să se uite că un bun iluminat al străzilor și a locurilor de producție în făbrici, șantiere și exploatări a contribuit în mod hotărîtor la scăderea numărului specific de accidente de circulație sau de muncă. Dar iluminatul bun constituie și un factor artistic care poate contribui la estetica orașelor, clădirilor, monumentelor, spectacolelor, serbărilor, locuințelor și a locului de muncă.

Fiind cu toții convinși de importanța problemelor de iluminat, trebuie să îndreptăm atenția și activitatea noastră spre antrenarea interesului general pentru aceste chestiuni.

În această situație Asociația Științifică a Inginerilor și Tehnicienilor în dorința de a aduce în discuție posibilitățile îmbunătățirilor în domeniul iluminatului și a face propuneri concrete, a întreprins o serie de acțiuni.

Comisia permanentă de iluminat a fost constituită în februarie 1957 în cadrul secției Energetică și Electrotehnică a Consiliului Central A.S.I.T.

Comisia se ocupă de problemele iluminatului artificial de interior și exterior. Prin activitatea sa ea își propune să contribuie la folosirea rațională a mijloacelor de iluminare artificială existente și urmărește promovarea realizărilor tehnicii mondiale în acest domeniu.

Pentru aceasta planul comisiei cuprinde :

1. *Acțiuni cu scop de propagandă* (referate, recenzii, articole) printre care : elaborarea unui număr special al revistei „Electrotehnica" cu tema de iluminat ; realizarea iluminării model la o întreprindere din capitală ; organizarea de schimburi de experiență cu această întreprindere.

2. *Recomandarea de măsuri, standarde, acțiuni* : stabilirea efectelor iluminării cu lămpi fluorescente ; întocmirea unui standard privind iluminări minime obligatorii ; realizarea unui catalog al corpurilor de iluminat ; acțiuni în legătură cu mărirea bazei materiale necesare producerii de izvoare și corpuri de iluminat ; pregătirea cadrelor de specialitate.

3. *Documentare* : urmărirea publicațiilor de specialitate ; cunoașterea realizărilor din alte țări.

În afară de aceasta, în cadrul A.S.I.T. s-a constituit sub președinția Academicianului prof. E. Bădărău, un Comitet Romîn al Iluminatului care reprezintă țara noastră în Uniunea Internațională a Iluminatului. Comisia aceasta și-a început activitatea prin strîngerea documentației internaționale și urmărirea activității organizațiilor internaționale și străine care se ocupă cu iluminatul.

O primă realizare pe această linie de activitate se poate considera acest număr al revistei Electrotehnica, închinat exclusiv problemelor de iluminat electric.

Instalaţii pentru iluminatul nocturn al stadioanelor. Prezentarea instalaţiei proiectate pentru stadionul Republicii din Bucureşti

WALTER SCHAPIRA şi *PAUL MILITARU*—Bucureşti *)

Deoarece în prezent nu există în R.P.R. nici un teren sportiv care să posede o instalaţie de iluminat modernă pentru competiţii nocturne s-a făcut simţită nevoia de a se executa în condiţii corespunzătoare nivelului actual al tehnicii iluminatului o asemenea instalaţie. Ţinînd seama că problema va căpăta un caracter mai general s-a considerat utilă descrierea instalaţiilor proiectate pentru stadionul Republicii din Bucureşti ca şi analizarea principiilor care stau la baza unei asemenea lucrări.

CZ 628.971.7 :79.093.5

1. Date generale

Ţinînd seama de interesul mereu crescînd al marelui public faţă de mişcarea sportivă, precum şi de faptul că în străinătate se practică pe scară destul de largă organizarea de competiţii nocturne, s-a luat în considerare şi în ţara noastră realizarea unui stadion iluminat la nivelul tehnicii şi cerinţelor actuale. În acest mod pe timpul verii, sportivii vor avea posibilitatea să se antreneze în bune condiţii, iar publicul va putea viziona competiţiile în condiţii de temperatură mult mai acceptabile decît sînt acelea din cursul zilei.

În afară de aceasta mai trebuie remarcat faptul că în cursul săptămînii (în zilele de lucru), atît spectatorii cît şi jucătorii au timp pentru sport numai după orele de lucru, adică seara. De aceea la asociaţiile sportive din străinătate se vădeşte din ce în ce mai accentuat tendinţa de a monta instalaţii de iluminat pe stadioanele proprii şi de a programa competiţii amicale în serile zilelor de lucru, rezervînd sfîrşitul săptămînii pentru jocurile de campionat. Atît timp însă cît numai o parte din asociaţiile sportive posedă stadioane iluminate pentru competiţii nocturne şi în consecinţă nu toate echipele au o egală experienţă în jocul nocturn, desigur nu se vor putea organiza competiţii de campionat jucate noaptea. Dacă însă această situaţie se va îmbunătăţi este probabil că şi cele mai importante competiţii să fie disputate noaptea, respectîndu-se astfel şi în mişcarea sportivă tendinţa existentă în multe ţări ca sfîrşitul săptămînii să fie dedicat familiei.

Trebuie precizat că stadioanele iluminate pot fi utilizate nu numai pentru jocuri de fotbal, ci şi pentru competiţii de atletică uşoară, meciuri de rugbi, mitinguri în aer liber etc. iar experienţa a arătat că investiţiile necesare pentru instalaţia de iluminat se amortizează de obicei în primul an datorită încasărilor mărite. Cheltuielile de exploatare, datorită numărului redus de ore de funcţionare a instalaţei, sînt relativ mici.

Stadionul Republicii din Bucureşti este primul teren de sport din R.P.Romînă, a cărui instalaţie de iluminat a fost proiectată şi urmează să fie pusă în funcţiune chiar în cursul acestui an.

În articolul de faţă se prezintă particularităţile unor instalaţii de iluminatul stadioanelor din alte ţări şi se descrie instalaţia de iluminat proiectată pentru stadionul Republicii.[1]) Printr-o asemenea descriere se pune la îndemînă celor interesaţi principalele elemente teoretice şi practice, care intervin la proiectarea şi executarea unor astfel de instalaţii.

2. Realizări din alte ţări

În tabela 1 se arată caracteristicile luminotehnice a 21 de instalaţii pentru iluminatul stadioanelor din diferite ţări. Privind această tabelă, se remarcă de la început că există o diferenţă considerabilă între nivelul de iluminare al cîtorva stadioane americane şi toate stadioanele europene, primele avînd iluminări în jurul valorii de 1000 lx, iar iluminările stadioanelor europene menţinîndu-se în jurul valorii de 200 lx. Acest lucru se explică, în afară de tendinţa spre reclamă şi extravaganţă şi prin faptul că în America sportul cel mai popular este baschetul care necesită un nivel de iluminare mai ridicat decît fotbalul.

Se mai observă în această tabelă o mare diversitate în ceea ce priveşte numărul de puncte luminoase, ceea ce este de altfel uşor explicabil prin condiţiile locale care impun de obicei soluţiile, ţinînd seama că la majoritatea stadioanelor instalaţia de iluminat s-a executat după construcţia stadioanelor şi deci trebuia să se încadreze într-o situaţie existentă. În cele ce urmează se prezintă pentru cîteva din stadioanele enumerate în tabela 1, unele elemente caracteristice ale instalaţiilor lor de iluminat.

2.1. *Stadionul nou din Leipzig* are o capacitate de 100 000 spectatori şi a fost înzestrat cu o instalaţie de iluminat în anul 1956. Grupuri de cîte 15 proiectoare de 5 kW fiecare au fost montate pe 4 stîlpi amplasaţi în spatele ultimelor rînduri de locuri (fig. 1) Stîlpii sînt construcţii metalice din laminate şi înclinaţi faţă de verticală cu un unghiu de 30°.

*) Ing. W. Şapira este asistent la Inst. de Construcţi
Ing. P. Militaru este şef de lucrări la Inst. Politehnic şi amîndoi sînt ingineri la Sectorul Electroproiect ISPE.

[1]) La elaborarea proiectelor au avut o contribuţie importantă tov. Ing. Gabriel Isac, Ing. Marinescu Cristian, arh. Ciortan Emil, Ing. Vlaicu Andrei, Ing. Gruia Nicolae, toţi din Institutul de studii şi proiectări energetice I.S.P.E.

Tabela 1

Caracteristicile lumino — tehnice ale instalaţiilor pentru iluminatul stadioanelor din cîteva ţări.

Nr. crt.	Denumirea stadionului	Iluminarea		Puterea instalată kW	Puterea unui proiector W	Numărul de stîlpi sau grupuri de proiectoare	Înălţimea stîlpilor m.	kW/lx	Observaţii
		orizontală lx	verticală lx						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Stadionul nou din Leipzig (R. D. Germania) . . .	80 175÷ ÷300		300	5 000	4	40	3,75	
2	Stadionul central V. I. Lenin-Moscova (URSS) .			930	1 500	8		23,80	Cifrele indică iluminarea în prezent realizata prin 8 grup. de proiectoare montate pe copertinele tribunelor. Pentru o a doua etapă se prevede montarea proiectoarelor pe 8 stîlpi. Puterea totală instalată pe stadion va fi de 1 600 kW.
3	Stadionul din Wembley (Anglia)	200		350	1 500 şi 2 000	8	Stîlpi sînt montaţi pe copertină	1,75	Lămpile sînt supratensionate cu + 10 %
4	Stadionul „Partizanul" Belgrad (RFS Iugoslavia)	110	115	240	1 000	4	36	2.20	Stîlpii sînt din ţeavă
5	Stadionul „Bislet" — Oslo (Norvegia)	150	200	300	1 500 şi 1 000	20	30	21,00	Cadrul pe care sînt montate proiectoarele poate fi coborît
6	Stadionul „Bolivar" din Caracas (Venezuela) .	700		648	1 500	6	45	0,93	Lămpile sînt supratensionate cu + 10 %
7	Stadionul Boca Junior din Buenos — Aires (Argentina)	120		124	1 000	9	24 şi 40	1,03	
8	Stadionul Yankee din New-York (SUA)	1 300		1 870	1 500	6	36 şi 42	1,22	
9	Stadionul din Amsterdam (Olanda)	70	100	100	1 000	4	50	1,43	
10	Stadionul Whyte-City Londra (Anglia)	70	130	140	1 000	4	36	21,00	Instalaţia este executată din anul 1932. Lămpile sînt supratensionate cu + 5 %.
11	Stadionul din Utrecht (Olanda)	80÷60		80	1 000	4	36	1,00	
12	Stadionul V. U. C. din Haga (Olanda)	80÷60		80	1 000	4	28	1,00	
13	Stadionul Parc de Princes din Paris (Franţa) . . .	80÷15	130	120	1 000			2,00	Proiectoarele sînt montate pe copertină în grupuri variind între 8 şi 3 bucăţi. Înălţimea deasupra terenului este de 17 m.
14	Stadionul Olimplic din Berlin	80	120	120	1 000		40	1,50	
15	Stadionul sportiv din San Francisco (S.U.A.) . .	140		210	1 000	7	36	1,50	
16	Stadionul Lutton-Town F. C. (Anglia) . . .	83÷41					12,4		Proiectoarele sînt montate atît pe stîlpi cît şi pe tribune.
17	Stadionul din Charleroi (Belgia)	30÷ 6		15	125	14	14	1,80	Lămpile sînt cu vapori de mercur tip HPL 125.
18	Stadionul din Bradford (Anglia)	60÷20		89	1 000		17 şi 9	2,20	
19	Stadionul UDA Praga (R. Cehoslovacia)	50		80	1 000	4	35	1,60	
20	Stadionul Vrsovice din Praga (R. Cehoslovacia)	50		80	1 000	4	30	1,60	
21	Stadionul din Medellin (Columbia)	300		360	1 500	4	40	1,20	

Proiectoarele utilizate sînt de construcţie specială, avînd oglinda din aluminiu electrolitic pur şi un diametru util de 640 mm. Ele pot

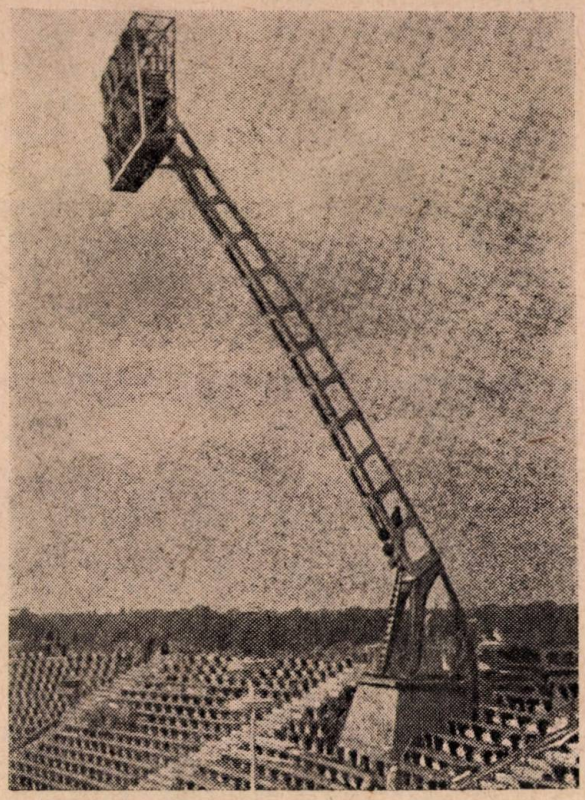


Fig. 1. Un stîlp de pe stadionul nou din Leipzig.

fi reglate pentru a se obţine curbele fotometrice din fig. 2.

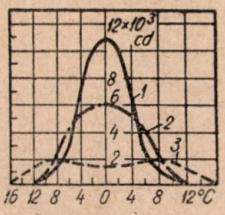


Fig. 2. Curba fotometrică a proiectoarelor de 5 kW utilizate pentru iluminatul stadionului nou din Leipzig :
1 – con luminos concentrat ;
2 – con luminos semidispersat ;
3 – con luminos larg

2. 2. *Iluminatul stadionului central V. I. Lenin din Moscova* a format obiectul unor ample studii [1] ajungîndu-se la soluţia montării de grupuri din cîte 66 de proiectoare tip

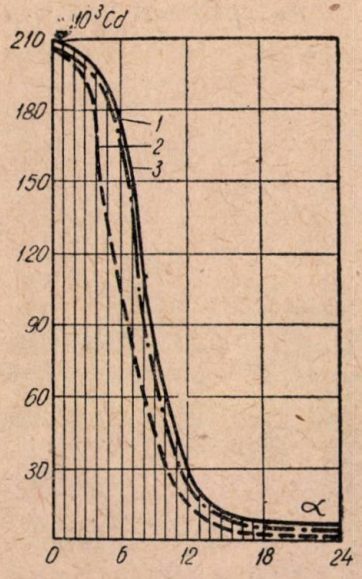


Fig. 3. Curba fotometrică a proiectoarelor PZS–45 cu lămpi PJ 77 (1 500 W) :
1 – plan orizontal ; *2* – plan vertical *3* – fără jaluzele.

PZS 45 cu lămpi PJ-77 (fig. 3) pe 8 stîlpi de 18 m fixaţi deasupra tribunelor. Într-o primă etapă s-a executat iluminarea cu 580 de proiectoare montate pe copertinele tribunelor.

Din calculele făcute a rezultat că efectul de orbire este mult mai mare în cazul montării proiectoarelor pe copertină, decît atunci cînd ele sînt montate pe stîlpi înalţi. Ţinînd seama de numărul redus de ore de utilizare s-a hotărît supratensionarea lămpilor cu 5 pînă la 10%.

2.3. *Stadionul Partizan din Belgrad* are o instalaţie corespunzătoare nivelului actual al

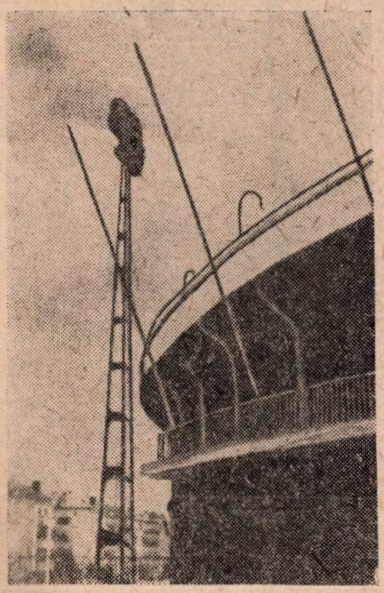


Fig. 4. Stîlp al stadionului Partizan din Belgrad.

tehnicii. Iluminarea este realizată prin grupe de cîte 60 de proiectoare de 1000 W montate pe 4 stîlpi de 36 m înălţime. Stîlpii sînt aşezaţi

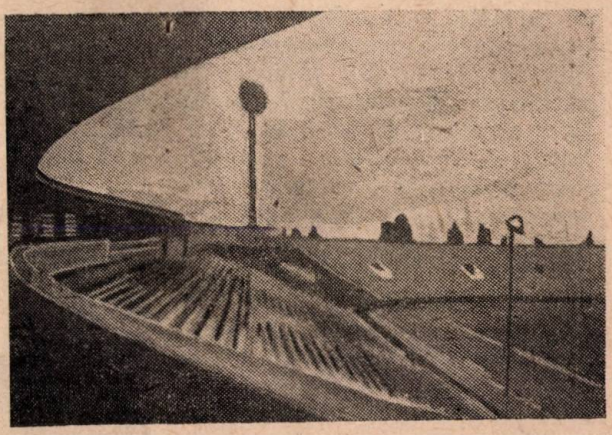


Fig. 5. Stadionul Partizan.

în afara terenului lîngă peluze şi sînt executaţi din ţeavă (fig. 4 şi 5) ; construcţia lor constă din 3 montanţi avînd traverse din 4 în 4 m.

2.4. *Stadionul Bislet din Oslo* are de asemenea o instalaţie modernă la nivelul tehnicii actuale.

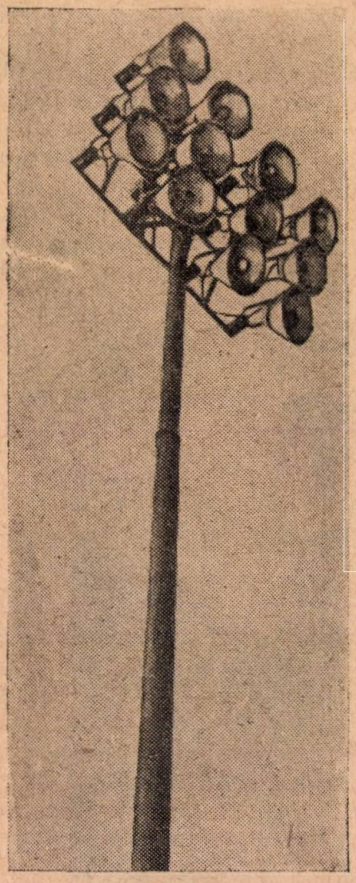


Fig. 6. Stîlp din ţeavă de pe stadionul Bislet (Oslo).

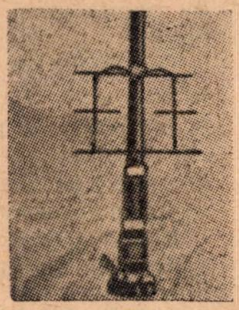


Fig. 7. Cadrul pe care se montează proiectoarele pe un stîlp de pe stadionul Bislet (Oslo).

Pentru a se realiza iluminarea propusă, s-au plantat în jurul terenului 20 de stîlpi de ţeavă de 25 m înălţime. Fiecare din aceşti stîlpi este echipat cu 12 proiectoare de construcţie uşoară; jumătate din proiectoare au lămpi de 1000 W, iar celelalte au lămpi de 1500 W. Prin înălţarea fundaţiilor punctele luminoase ajung la 30 m deasupra terenului. Diametrul exterior al ţevii este la bază de 210 mm, iar la vîrf de 100 mm. O soluţie interesantă şi originală este aceea că printr-un mecanism situat la baza stîlpului se poate coborî în întregime cadrul pe care se găsesc montate proiectoarele, realizîndu-se astfel o exploatare comodă (fig. 6 şi 7).

2.5. *Stadionul Boca—Junior din Buenos Aires* prezintă o soluţie interesantă a stîlpilor, care susţin proiectoarele. După cum se vede în fig. 8, aceştia sînt înclinaţi spre teren, iar printr-o scară interioară se poate ajunge cu uşurinţă la proiectoare.

2.6. *Iluminatul stadionul Olimpic din Amsterdam* a pus probleme interesante în ceea ce priveşte partea de arhitectură. Astfel la început autorităţile municipale nu au fost de acord cu înălţarea a 4 stîlpi metalici, ele susţinînd că nu ar avea nimic împotriva montării de surse luminoase pe turnul „Marathon" (de 40 m înălţime) sau pe copertinele tribunelor (14 m). Experţii au apreciat însă că o asemenea soluţie nu satisface cerinţele unui stadion modern şi au găsit printr-o construcţie adecvată o soluţie satisfăcătoare pentru toate părţile (fig. 9).

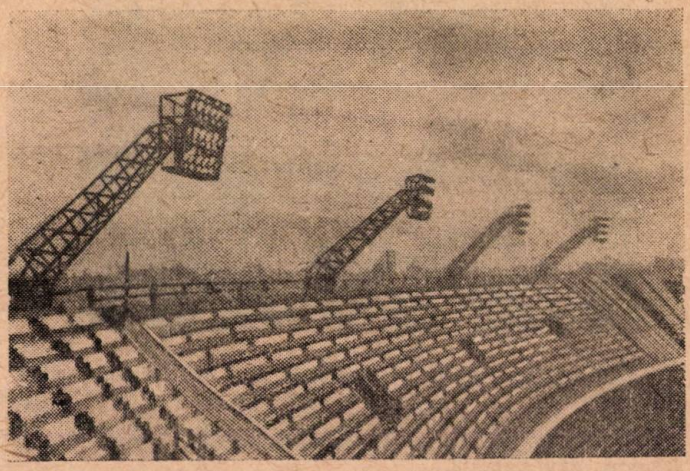


Fig. 8. Stadionul Boca-Junior din Buenos-Aires.

Fig. 9. Stadionul Olimpic din Amstedram.

2.7. *Pe stadionul UDA din Praga* s-au realizat stîlpi metalici din ţeavă destul de uşori şi corespunzători din punct de vedere estetic (fig. 10).

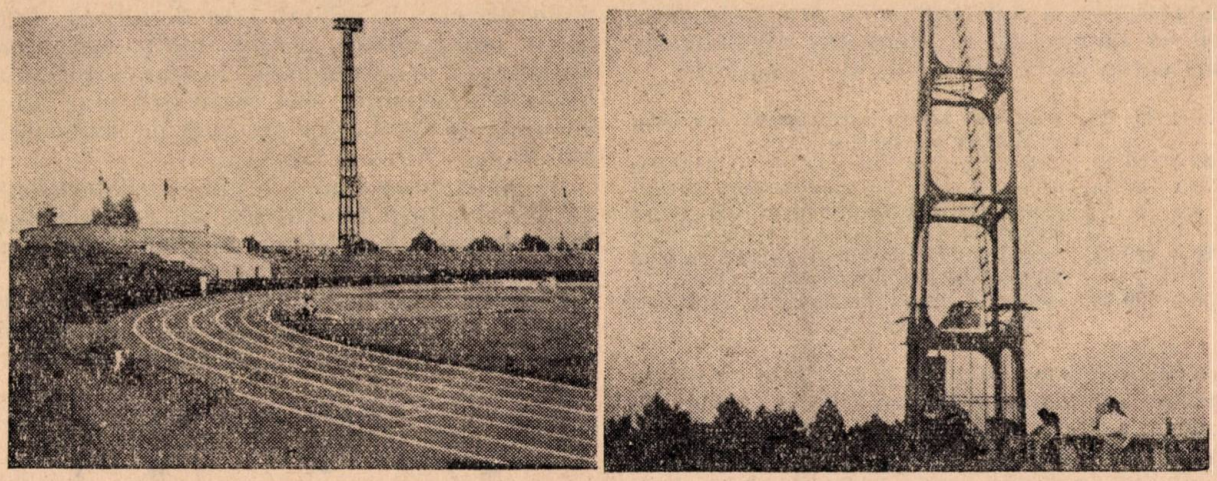


Fig. 10. Stîlpul de ţeavă de pe stadionul UDA din Praga.

2.8. *Stadionul Charleroi din Belgia* este destinat pentru jocuri de antrenament; iluminarea este realizată prin 14 stîlpi (cîte 5 pe fiecare latură lungă a terenului şi cîte 2 pe fiecare latură îngustă) fiecare avînd cîte două lămpi cu vapori de mercur de 125 W (fig. 11).

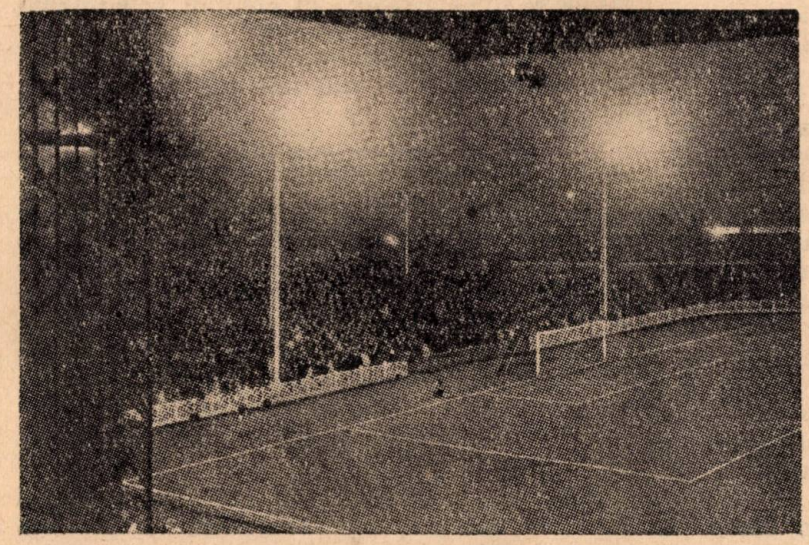


Fig. 11. Stadionul Charleroi din Belgia

2.9. *Stadionul din Medellin* (Columbia). Instalaţia de iluminat este realizată prin 4 stîlpi de 40 m înălţime, fiecare susţinînd cîte 60 proiectoare de 1 500 W. Iluminarea orizontală realizată este de 300 lx, iar factorul de uniformitate 1:2 [16].

2.10. *Stadionul Allmend din Lucarno (Elveţia)* a fost înzestrat în mod experimental cu o instalaţie de iluminat în care se folosesc drept surse luminoase lămpi cu vapori de mercur de înaltă presiune şi balon fluorescent. Aceste lămpi au eficacitatea luminoasă mult mai ridicată (de ex. 48 lm/W pentru lampa de 1000 W) strălucirea mai redusă şi un spectru mai favorabil decît lămpile cu incandescenţă. Experienţa făcută pe acest stadion a arătat că la o putere instalată de 104 kW se poate obţine o iluminare orizontală de 214 lx. Aceste prime rezultate sînt cît se poate de încurajatoare şi se pare că viitorul apropiat va duce la soluţii noi în domeniul iluminării terenurilor sportive [17].

După cum se vede din cele de mai sus nu există o linie unitară în concepţia instalaţiilor de iluminat al stadioanelor.

3. Partea lumino-tehnică a instalaţiei de iluminat pentru stadionul Republicii

Calitatea unei instalaţii de iluminat se apreciază după felul în care jucătorii îşi pot vedea coechipierii, adversarii şi balonul şi nu sînt deranjaţi de fenomene secundare (orbire, neuniformitate etc.) pe de o parte şi după cum spectatorii pot urmări evoluţia jocului în nocturnă.

3.1. *Alegerea nivelului de iluminare.* Acesta este determinat de:

— mărimea relativ mică a mingii (care de altfel e de culoare albă);

— viteza cea mai mare de deplasare a balonului (cca 16,5 m/s);

— viteza cea mai mare de deplasare a jucătorilor (aproximativ 8,5 m/s).

În acelaşi timp instalaţia de iluminat trebuie să asigure o bună vizibilitate şi celui mai îndepărtat spectator. Această condiţie face ca

nivelul de iluminare să fie dictat și de capacitatea stadionului, de care depinde distanța la care se află spectatorul cel mai îndepărtat.

Experiența a demonstrat că diferitele categorii de competiții ar comporta aproximativ următoarea scară a nivelelor de iluminare:

30 ÷ 35 lx, suficientă pentru antrenament sau chiar meciuri de antrenament;
45 ÷ 55 lx, indicată pentru meciurile de deschidere;
70 ÷ 80 lx, asigură desfășurarea unor meciuri de campionat chiar pentru echipe din prima categorie;
110 ÷ 120 lx, asigură un iluminat bun pentru meciuri internaționale sau de campionat;
160 ÷ 180 lx, suficientă pentru desfășurarea celor mai pretențioase competiții.

Această scară se explică prin faptul că ochiul omenesc nu poate sezisa variații mici ale iluminării; astfel pentru a avea senzația că iluminarea a crescut cu 10% ea trebuie în realitate să crească cu aproximativ 50%, conform legii Weber-Fechner, care arată că sensațiile luminoase sînt în raport cu logaritmii iluminărilor.

O problemă destul de dificilă a fost aceea a stabilirii nivelului de iluminare pentru stadionul Republicii, ținînd seamă că jucătorii noștri de fotbal au participat la relativ puține competiții nocturne și că în țară nu există nici un criteriu de comparație. În acest scop s-au luat informații de la jucătorii care au participat la nocturne și care au declarat că „o iluminare cu cca 10% mai bună decît aceea de pe stadionul Partizan din Belgrad ar satisface cele mai exigente pretenții". Traducînd această afirmație în cifre ar rezulta că pentru stadionul Republicii iluminarea necesară ar fi de cca 175 lx.

Ținînd seama de această indicație și de datele din tabela 1 s-a stabilit numărul proiectoarelor, astfel încît să se obțină din calcul o iluminare medie de 160 lx. Iluminarea medie va fi în realitate ceva mai ridicată, deoarece pe de o parte familia de curbe izolux ale fiecărui proiector nu au fost calculate decît pentru valori relativ mari, de iluminare, iar pe de altă parte s-a prevăzut posibilitatea de supratensionare a lămpilor.

3.2. *Stabilirea elementelor constructive ale instalației.* O instalație de iluminatul stadioanelor se poate realiza constructiv în două soluții:

a) Fixarea unor aparate de iluminat direct pe cabluri întinse deasupra stadionului. Această soluție s-a dovedit a fi necorespunzătoare, atît din punct de vedere estetic, cît și funcțional, deoarece la vînt oscilațiile aparatelor de iluminat produc efecte neplăcute.

b) Fixarea unui număr de proiectoare pe cîțiva stîlpi înalți. Aceasta este soluția general adoptată și care dă rezultatele cele mai bune.

S-au mai încercat și alte sisteme de fixare a proiectoarelor ca de exemplu pe baloane captive (la Londra), însă ele nu au dat rezultate satisfăcătoare.

Stîlpii pentru susținerea proiectoarelor pot fi amplasați în incinta terenului de sport sau în afara sa; în primul caz crește eficacitatea proiectoarelor, în schimb este deranjată vizionarea competițiilor pentru mulți spectatori. Varianta cu stîlpii amplasați în afara stadionului poate fi ameliorată prin realizarea unor stîlpi înclinați de tipul celor montați pe stadioanele din Buenos-Aires și Leipzig.

Alegerea numărului de stîlpi este determinată de considerații funcționale și arhitectonice. Astfel în prezent se folosesc în general următoarele moduri de grupare a proiectoarelor:

a) Instalarea de grupuri de proiectoare pe 4 stîlpi înalți așezați în colțurile terenului de fotbal. Acest sistem are avantajul că reduce

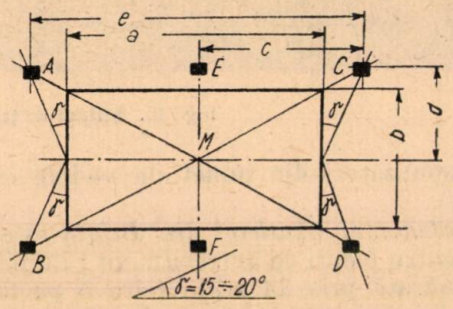


Fig. 12. Determinarea poziției stîlpilor de colț.

numărul simultan de surse luminoase în cîmpul vizual al unui jucător, în schimb este dificilă realizarea unei bune uniformități a iluminării.

b) Instalarea unui număr mai mare de baterii de proiectoare (trei sau mai multe) pe fiecare latură.

c) Instalarea proiectoarelor în tot lungul uneia sau mai multor laturi ale stadionului. Acest sistem se utilizează mai ales cînd există copertine și asigură cea mai mare uniformitate, însă în cîmpul vizual al spectatorului intră un mare număr de surse luminoase, ceea ce accentuează fenomenul de orbire.

Pentru stadionul Republicii situația locală impunea o soluție cu 4 sau 5 stîlpi; s-a ales varianta cu 5 stîlpi, folosindu-se și copertina tribunei principale drept suport pentru un număr de proiectoare.

Amplasarea stîlpilor din colțurile terenului prezintă o importanță deosebită. Experiența a arătat că se obțin rezultate bune prin amplasarea stîlpilor de colț în punctele determinate în fig. 12. Aceste puncte nu deranjează privirile spectatorilor și asigură totodată jucătorilor o bună iluminare chiar în poziții de joc defavorabile. Pozițiile stîlpilor pentru susținerea proiectoarelor pe stadionul Republicii sînt arătate de asemenea în fig. 12.

O problemă importantă din punct de vedere tehnic și economic este stabilirea înălțimii stîlpilor de susținere a proiectoarelor. Înălțimea ideală a stîlpilor ar fi aceea care asigură valori

egale pentru iluminarea orizontală şi cea verticală, adică aceea corespunzătoare unui unghi de înclinare a proiectorului de 45°. În acest caz atît jucătorii, cît şi cîmpul de joc ar fi egal iluminaţi, ceea ce ar fi plăcut pentru spectatori. Realizarea practică a unor asemenea iluminări necesită însă stîlpi foarte înalţi şi deci costisitori; de exemplu înălţimea stîlpilor de pe stadionul Republicii ar trebui să fie de cca 100 m. Din aceste motive se acceptă ca unghiul de înclinare faţă de verticală, al axei optice a proiectorului îndreptată spre centrul terenului să nu fie mai mare de 70°, obţinîndu-se înălţimea stîlpului din relaţia:

$$H = l \operatorname{tg} \alpha \qquad (1)$$

în care: H este înălţimea stîlpului; l — distanţa de la piciorul stîlpului (în cazul stîlpilor verticali) pînă la centrul terenului şi $\alpha = 70°$.

Pentru stadionul Republicii înălţimea stîlpilor s-a fixat la 36 m.

3.3. *Aparatele de iluminat.* Iluminarea uniformă a unui teren de fotbal se poate realiza fie prin utilizarea de proiectoare avînd curbe fotometrice diferite, fie prin dirijarea unui număr mai mare de proiectoare spre zonele mai îndepărtate de teren. În acest scop se utilizează două feluri de proiectoare şi anume:

— Aparate avînd conul luminos concentrat (aproximativ 2 × 7,5°); acestea sînt realizate cu reflector neted.

— Aparate avînd conul luminos mai larg (aproximativ 2 × 15°); acestea au reflectorul în faţete.

Proiectoarele utilizate trebuie să fie rezistente la intemperii şi să posede o protecţie contra fenomenului de orbire (de obicei jaluzele); sticla protectoare trebuie să fie termostabilă, iar aparatele să posede un sistem de ventilaţie care să asigure evacuarea căldurii.

Pentru obţinerea unui randament al instalaţiei cît mai mare, este necesar ca cea mai mare parte din fluxul luminos al proiectoarelor să cadă pe terenul de sport. Proiectoarele cu con luminos mai larg prezintă pierderi de flux luminos mai mari, iar aparatele cu con luminos concentrat prezintă dezavantajul unei iluminări mai puţin uniforme. De aceea în cazul cînd se montează pe aceiaşi stîlpi ambele tipuri de proiectoare, aparatele cu conul luminos concentrat sînt îndreptate spre zonele mai îndepărtate ale terenului, iar celelalte spre porţiunile de teren din jurul stîlpilor.

În fig. 13 se arată curba proiectorului de 1000 W utilizat pentru iluminatul stadionului Republicii.

Pentru obţinerea unui con luminos îngust este necesar să se utilizeze lămpi cu filament concentrat adică lămpi speciale de proiector; numai arareori este posibilă folosirea de lămpi obişnuite.

O metodă de mărire a randamentului instalaţiei de iluminat este supratensionarea lămpilor. Utilitatea aplicării ei se poate justifica numai printr-un calcul economic, care însă de obicei rezultă în favoarea supratensionării.

Este cunoscut că la o supratensionare a lămpilor cu incandescenţă cu 10 % fluxul creşte

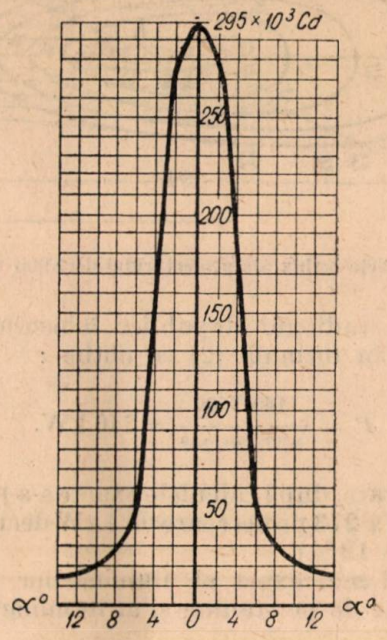


Fig. 13. Curba fotometrică a proiectorului tip Spiegel Anleuchter—Weitstrahler din R. D. Germană.

cu 39 %, puterea consumată cu cca 16 %, iar durata lămpii scade la cca 28 %. Această ultimă scădere este numai în aparenţă gravă, pentru instalaţiile de iluminatul stadioanelor, deoarece numărul de ore de utilizare a acestor instalaţii este de cel mult 50 ore/an (25 de competiţii a 2 ore). Durata unei lămpi la o supratensionare de 10 % este de cca 280 ore faţă de durata normală de 1000 ore, deci lampa va putea funcţiona peste 5 ani. Ţinînd seama de faptul că aparatele de iluminat se demontează peste iarnă este foarte puţin probabil ca vreuna din lămpi să reziste la mai mult de 10 operaţii de montare şi demontare adică viaţa ei se reduce tot la cca 5 ani. Faţă de marile avantaje pe care le aduce mărirea fluxului luminos, supratensionarea lămpilor apare net avantajoasă.

3.4. *Calculul iluminărilor.* Stabilirea rapidă şi aproximativă a puterii necesare pentru iluminarea unui teren de sport cu ajutorul proiectoarelor se face aplicînd formula:

$$P = \frac{E\,S}{\eta_p\,\eta_l \cdot 10^3} \qquad (2)$$

în care:

P este puterea necesară [kW];

E — iluminarea medie necesară [lx];

S — suprafaţa terenului [m²];

η_p — randamentul proiectorului; dacă nu se cunosc valori precise η_p poate fi luat aproximativ 0,25 — 0,35;

η_l — eficacitatea luminoasă a lămpii în lm/W (20 lm/W pentru o lampă de 1000 W).

1,1 ţinînd seama de faptul că există personal de întreţinere şi datorită supratensionării nu intervine îmbătrînirea.

Asemenea curbe pentru proiectorul de 1000W utilizat pe stadionul Republicii la o înclinare a

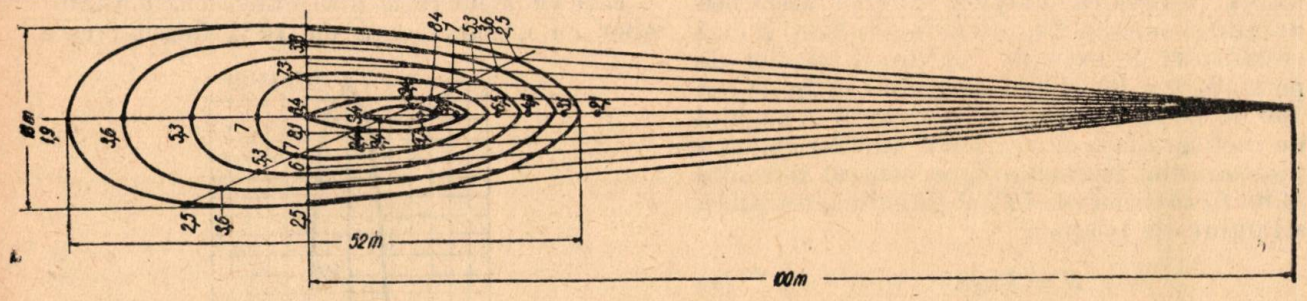


Fig. 14. Curbele izolux ale proiectorului de 1 000 W utilizat pentru stadionul Republicii şi montat cu o înclinare de 70°.

Pentru stadionul Republicii înlocuind valori numerice în formula (2) se obţine:

$$P = \frac{160.7500}{0{,}25.20.10^3} = 240 \text{ kW}.$$

În realitate, după calculele exacte s-a prevăzut instalarea a 273 proiectoare de 1 kW deci 273 kW (eroare de 12 %).

Calculul mai exact al iluminărilor în diferite puncte de pe stadion şi al iluminării medii

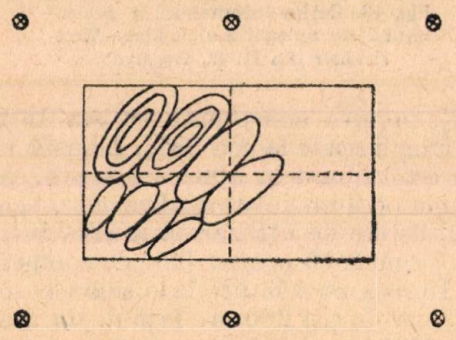


Fig. 15. Trasarea curbelor izolux de pe întreg terenul.

s-au efectuat cu ajutorul curbelor de egală iluminare a unui proiector. În acest scop s-au trasat la aceeaşi scară cu planul stadionului elipsele, care reprezintă curbele izolux ale proiectorului respectiv. Punctele au fost calculate prin aplicarea formulei:

$$E_0 = \frac{I_\alpha \cos^3\alpha}{h^2 k} \qquad (3)$$

unde:

E_0 — este iluminarea pe planul orizontal [lx];

I_α — intensitatea luminoasă în direcţia unghiului α [cd];

h — înălţimea sursei luminoase deasupra terenului de joc [m];

k — coeficient de depreciere care poate fi luat

axei optice de 70° sînt arătate în fig. 14. Se înţelege că pentru alte înclinări ale proiectoarelor, aceste curbe se schimbă.

Curbele s-au amplasat pe plan ca în fig. 15 şi din însumarea lor au rezultat liniile izolux de pe întregul teren (fig. 16).

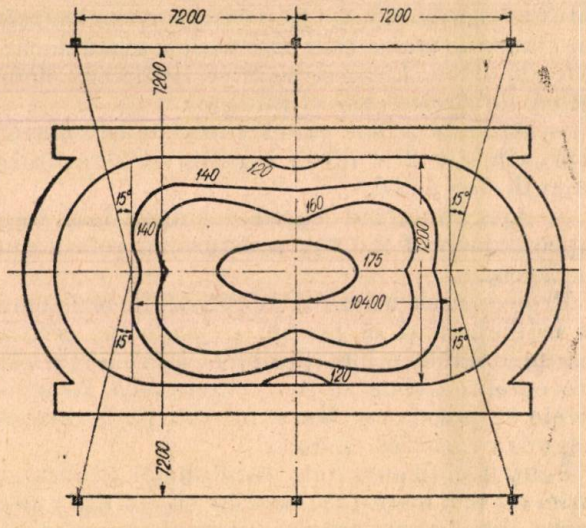


Fig. 16. Iluminarea stadionului Republicii.

Printr-o repartiţie judicioasă a proiectoarelor se poate obţine un grad de uniformitate bun, astfel ca valorile raportelor $\frac{E_{min}}{E_{med}}$ şi $\frac{E_{med}}{E_{max}}$ să nu depăşească cifra de $\frac{1}{1{,}5}$. După cum se vede din fig. 16 valorile rezultate din calcule sînt în limitele de mai sus.

Realizarea practică a unei asemenea uniformităţi se va putea obţine numai prin dirijarea corectă a fiecărui proiector. Astfel în fig. 18 se arată felul cum trebuie dirijate o parte din proiectoarele de pe unul din stîlpii de colţ (un singur şir de proiectoare).

Iluminările verticale se calculează cu formula:

$$E_v = \frac{I_\alpha \cos^2\alpha \sin\alpha}{h^2 k} E_o \operatorname{tg} \alpha. \qquad (4)$$

Ţinînd seama că unghiul de înclinare al proiectoarelor este în cele mai multe cazuri mai mare de 45°, iluminarea verticală va fi mai

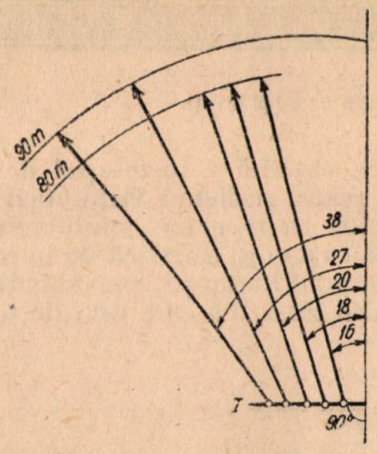


Fig. 17. Dirijarea proiectoarelor montate pe un stîlp de colţ (un şir de proiectoare).

puternică decît cea orizontală. Într-una din variantele calculate s-a determinat iluminarea verticală într-un punct situat pe axa longitudinală a stadionului la o distanţă de 30 m de centru şi la o înălţime de 5 m obţinîndu-se valoarea $E_v = 209$ lx.

Trebuie precizat că fotbalul fiind un joc de volum necesită ca şi spaţiul de deasupra terenului de sport pînă la o înălţime de aproximativ 8 m să fie bine iluminat. Din acest motiv prezintă un deosebit interes uniformitatea repartiţiei iluminării verticale pe teren. În cazul unui teren cu aparatele de iluminat instalate numai pe 4 stîlpi şi la care fiecare grupă de proiectoare nu ilumineză decît sfertul de teren din apropierea sa, iluminarea verticală variază nepermis de mult de la centrul spre marginea terenului, perturbînd buna vizionare. Dacă din contra, proiectoarele sînt dirijate spre o mai mare parte din suprafaţa terenului (fig. 15) iluminarea verticală este mult mai uniformă.

Calitatea unei bune instalaţii de iluminat este apreciată şi prin măsura în care se evită fenomenul de orbire. Fenomenul de orbire nu devine neplăcut atunci cînd strălucirea surselor nu depăşeşte anumite limite. Unii autori indică formulele empirice pentru calcularea unor aşa numiţi coeficienţi de orbire. O astfel de formulă este cea dată de Meşkov:

$$S = 1 + \frac{2{,}88\ I_{max} \cdot 10^3}{h_o^2 (B_{min}\, 10^4 + 0{,}207)}$$

în care:

S este coeficientul de orbire care trebuie să fie mai mic decît 4;
I_{max} — intensitatea luminoasă maximă [cd];
B_{min} — strălucirea mediului înconjurător [sb].

Intensitatea luminoasă a grupului de proiectoare s-a calculat prin două metode:

a) S-au determina intensităţile luminoase ale tuturor aparatelor de iluminat care contribuie la iluminarea punctului de calcul aflînd unghiul γ între axa optică a proiectorului şi direcţia punctului de calcul [5]. Însumînd valorile astfel obţinute, rezultă I_{max}.

b) S-a considerat că punctul de calcul este iluminat numai de proiectoarele unui singur stîlp. În acest caz din formula iluminării se obţine o intensitate luminoasă:

$$I_A = \frac{E_A h^2 k}{\cos^3 \alpha}. \qquad (6)$$

S-au efectuat calcule prin ambele metode pentru cîteva puncte, iar rezultatele au fost destul de apropiate. Valorile obţinute pentru coeficientul de orbire au fost mai mici de 4. În toate cazurile s-a considerat strălucirea mediului $B = 4 \cdot 10^{-4}$ sb (strălucirea corespunzătoare unui teren iluminat de lună este $2 \cdot 10^{-2}$ sb).

Se menţionează că atît după afirmaţiile jucătorilor, cît şi după indicaţiile din literatură, efectul de orbire produs de aparatele de iluminat la instalaţii bine executate este mai mic decît acel pe care trebuie să-l suporte o echipă care joacă după amiaza şi are soarele în faţă. O metodă eficace de evitare a fenomenului de orbire pentru jucători este iluminarea terenului din vecinătatea stadionului; în acest fel contrastul dintre fond şi sursele luminoase devine mult mai mic.

4. Construcţia stîlpilor de susţinere a proiectoarelor.

La alegerea tipurilor de stîlpi pentru susţinerea proiectoarelor s-a luat în considerare şi aspectul lor estetic. Iluminatul terenului a fost studiat atît pentru soluţia cu stîlpi drepţi cît şi pentru cea cu stîlpi înclinaţi. Ultimii prezentau avantaje lumino-tehnice deoarece prin înclinarea lor faţă de verticală, proiectoarele se puteau apropia cu cca 9 m de teren. Acest fapt mărea pe de o parte eficacitatea proiectoarelor şi reducea pe de altă parte înălţimea stîlpilor cu cca 4 m. Desigur stîlpii înclinaţi prezentau şi dezavantajele unei construcţii şi fundări dificile.

Deoarece avantajele economice la stîlpul propriu zis nu sînt de natură a influenţa soluţia, cuvîntul hotărîtor l-au avut considerentele estetice. Arhitecţii urbanişti au apreciat că din punct de vedere al aspectului de zi, stîlpii de susţinere ai proiectoarelor nu se încadrează în

plastica stadionului din cauza disproporţiei creată de înălţimea lor mare faţă de înălţimea redusă a tribunelor şi peluzelor. Folosirea stîlpilor înclinaţi ar fi accentuat şi mai mult disproporţia prin apropierea şi mai mare de spectatorii tribunelor opuse lor, ca şi din impresia de neechilibru pe care o creează. Din aceste motive s-au ales stîlpii drepţi care au o secţiune mai puţin greoaie şi se încadrează mai bine în aspectul general al stadionului (fig. 18).

a împiedica urcarea oamenilor pe stîlpi. Greutatea unui stîlp este 6 850 kg.

Stîlpii sînt încastraţi în fundaţii de beton de formă paralelipipedică.

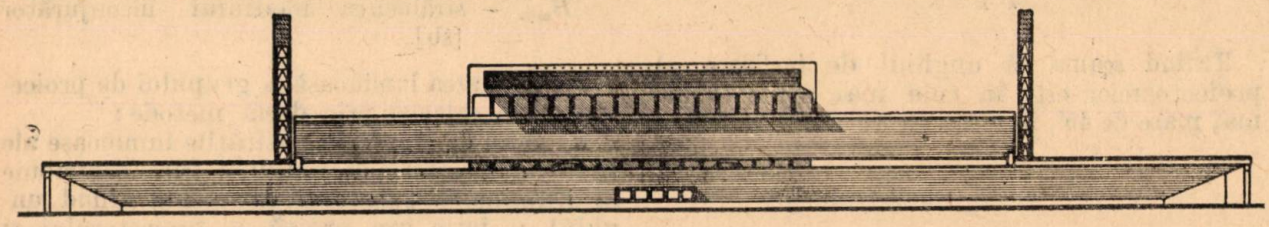


Fig. 18. Secţiune prin stadionul Republicii în soluţia cu stîlpi drepţi.

Stîlpii proiectaţi (fig. 19) sînt construcţii metalice cu zăbrele executate din corniere. Cele 45 proiectoare de pe fiecare stîlp sînt aşezate pe un panou de 6 m înălţime şi 3 m lăţime, pe 9 rînduri orizontale a cîte 5 proiectoare. Înălţimea stîlpilor este de 36,5 m deasupra nivelului terenului de joc. În spatele proiectoarelor, panoul are 3 platforme de acces pentru personalul care va monta şi întreţine aparatele. Urcarea la platforme urmează a se face pe o scară metalică, fixată de stîlp.

Zăbrelele şi montanţii stîlpilor sînt asamblate prin sudură.

Priviţi din faţă stîlpii au montanţi paraleli şi deci o lăţime constantă de 3 m. Priviţi lateral stîlpii au planul frontal vertical, iar planul din spate înclinat. La vîrf stîlpii au o grosime de 600 mm, ar la nivelul superior al tribunei (cota + 6,5 m) o grosime de 1 500 mm. Către bază stîlpii se îngustează ajungînd pînă la 800 mm pentru a nu ocupa un loc prea mare.

Baza stîlpului deasupra fundaţiei şi la nivelul superior al tribunei se acoperă cu tablă, pentru

5. Partea electrică a instalaţiei de iluminat pentru stadionul Republicii

Instalaţiile electrice ale stadionului vor fi alimentate cu energie electrică de la reţeaua de 5 kV a oraşului Bucureşti, prevăzîndu-se legături la două surse, din care una de rezervă.

Fig. 19. Stîlp metalic pentru iluminat stadionul Republicii.

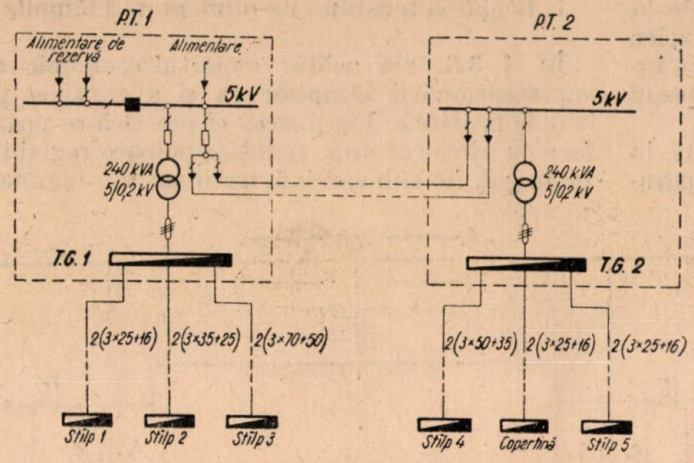


Fig. 20. Schema de alimentare şi distribuţie a instalaţiei de iluminat stadionul Republicii.

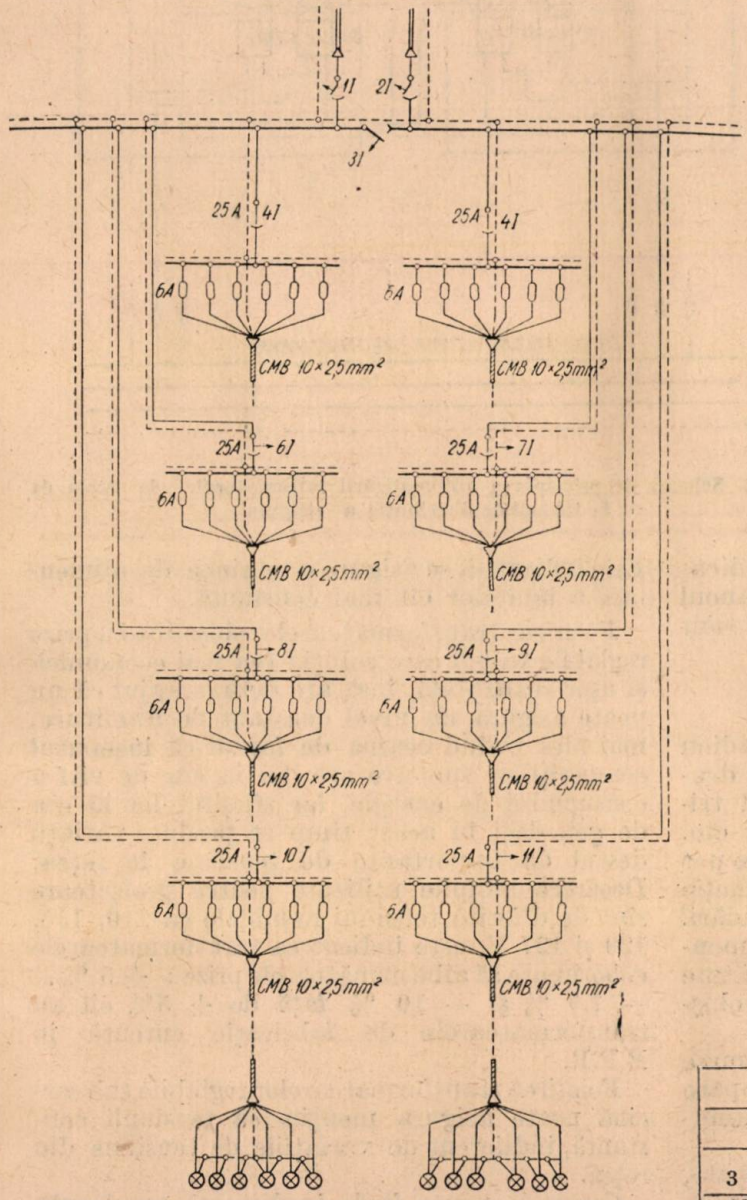


Fig. 21. Schema instalaţiei de joasă tensiune de la baza stîlpului.

Pentru alegerea soluţiei cele mai economice în ceea ce priveşte distribuţia energiei electrice s-au analizat următoarele soluţii:

Soluţia 1. Alimentarea grupelor de proiectoare de la un singur post de transformare.

Soluţia 2. Alimentarea grupelor de proiectoare de la două posturi de transformare.

Pentru ambele soluţii s-au analizat variante utilizînd tensiunile 380/220 V şi 220/127 V.

In soluţia 1 postul de transformare unic va fi echipat cu două transformatoare, iar în soluţia 2 al doilea post de transformare va fi executat în cabine metalice prefabricate.

Rezultatele calculului economic sînt indicate în tabela 2. S-au eliminat variantele folosind tensiunea 3×380/220 V, deoarece lămpile cu incandescenţă de 220 V au eficacitate luminoasă mai mică decît cele de 127 V, astfel că utilizarea primelor ar fi condus la micşorarea nivelului de iluminare. Dintre soluţiile 1 şi 2 folosind tensiunea de 3 × 220/127V s-a ales soluţia 2 (cu două posturi de transformare), ca fiind mai economică (fig. 20).

Fiecare grupă de proiectoare de pe un stîlp va fi alimentată cu două cabluri. La dimensionarea acestora s-a căutat să se obţină căderi de tensiune totale (pînă la bornele proiectoarelor) aproximativ egale pentru toate proiectoarele şi nu mai mari de 5% în funcţionare normală şi 8 % în caz de avarie, rezultînd astfel secţiuni diferite. Secţiunile cablurilor au fost astfel alese încît în caz de avarie, unul singur să poată suporta sarcina unui grup de proiectoare de pe un stîlp.

La funcţionare normală a instalaţiei de distribuţie, (fig. 21) toate proiectoarele unui stîlp sînt împărţite în două subgrupe, fiecare subgrupă fiind alimentată de un cablu separat. La capătul dinspre sursa de alimentare fiecare cablu este protejat prin siguranţe fuzibile, iar la capătul dinspre stîlp prin cîte un automat (1 I şi 2 I). Barele tabloului de distribuţie de la stîlp sînt secţionate, iar cele două secţiuni sînt legate între ele printr-un întreruptor automat 3 I. În cazul unui defect pe unul

Tabela 2

Costul instalaţiei de distribuţie în diferite soluţii

Soluţia 1		Soluţia 2	
1 post de transformare		2 posturi de transformare	
3 × 220/127 V	3×380/220 V	3×220/127 V	3×380/220 V
684 000 lei	443 000 lei	523 000 lei	488 000 lei

din cele două cabluri, se arde siguranţa de la capătul de alimentare, iar cu ajutorul unor relee de minimă tensiune, declanşează automat întreruptorul de la celălalt capăt şi anclanşează întreruptorul de cuplă (fig. 22).

Cele două subgrupe de proiectoare sînt la rîndul lor subîmpărţite în secţii de cîte 6, comandate prin cîte un întreruptor automat de 25 A (fig. 21). Pentru fiecare asemenea secţie urcă pe stîlp un cablu multifilar uscat. După cum se vede în fig. 21 pentru alimentarea a 6 proiectoare sînt necesare 7 fire, nulul fiind comun.

Toate întreruptoarele automate sînt montate într-o cabină metalică avînd dimensiunile de 1 950 × 2 000 × 1 000 mm şi amplasată între picioarele stîlpului. Datorită montării tuturor aparatelor la baza stîlpului s-au asigurat condiţii uşoare de exploatare.

Toate întreruptoarele pot fi comandate atît de la distanţă cît şi de la faţa locului. Pentru realizarea comenzilor centralizate s-a proiectat un panou vertical (fig. 23) amplasat într-o cameră a tribunei nr. 1 de unde există o bună vizibilitate a terenului. Pe acest panou de 2 400 × 2 300 mm (realizat din îmbinarea a 3 panouri metalice obişnuite de 800 mm lăţime şi 2 300 mm înălţime), s-a reprezentat stadionul, amplasarea stîlpilor şi întreaga schemă de distribuţie. Fiecare întreruptor automat este încadrat în schemă, cu două butoane pentru acţionare şi cu un indicator de poziţie. De la fiecare stîlp vine la panoul central un cablu multifilar prin care se transmit comenzile.

6. Instalaţii anexe

Amenajarea pentru nocturnă a unui stadion trebuie să prevadă şi iluminatul diferitelor drumuri de acces ale publicului, iluminatul tribunelor, al caselor de vînzare a biletelor etc. Desigur pentru aceste instalaţii anexe nu se pot da soluţii generale ele fiind exclusiv în funcţie de condiţiile locale, ci numai unele recomandări.

Iluminatul de orientare se poate realiza, montînd pe fiecare stîlp aproximativ la jumătate din înălţimea sa, cîteva (2—3) proiectoare obişnuite dirijate înspre tribune.

Dacă nu există alimentarea din două surse şi dacă există case de bilete pe stadion, apare raţională montarea unei mici baterii de acumulatoare pentru iluminat de siguranţă.

Drumurile de acces trebuie bine iluminate, ţinînd seama de marea aglomeraţie care apare la ieşirea din stadion.

7. Reglarea tensiunii de alimentare a lămpilor

În § 3.3. s-a arătat aspectul economic al supratensionării lămpilor ca şi avantajele pe care le prezintă. Realizarea ei practică se poate face cu ajutorul unor transformatoare reglabile fie în gol, fie sub sarcină, automat sau manual.

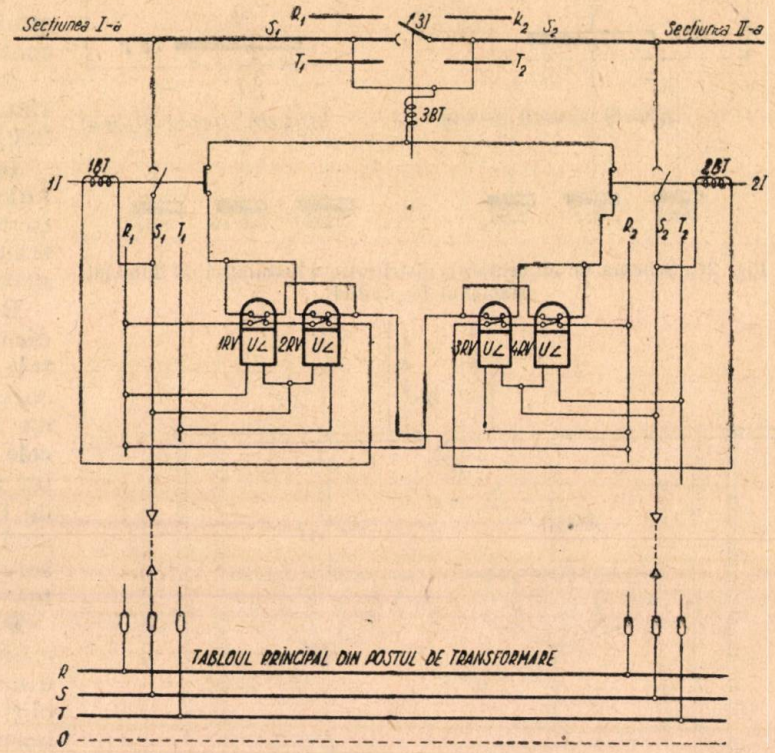


Fig. 22. Schema de principiu a automatizării întreruptorului de cuplă de la tabloul de distribuţie a stîlpului.

Este indicat să se asigure o tensiune de alimentare a lămpilor cît mai constantă.

Folosirea transformatoarelor obişnuite cu prize reglabile în gol este soluţia cea mai economică şi uşor realizabilă, însă are dezavantajul că nu poate asigura un nivel constant de iluminare, mai ales ţinînd seama de faptul că începutul competiţiilor sportive are loc la ora de vîrf a consumului de energie, iar sfîrşitul lor la ora de gol, deci în acest timp se produc variaţii destul de importante de tensiune în reţea. Deoarece lămpile utilizate pentru proiectoare sînt de diferite tensiuni nominale ca 110, 115, 120 şi 127 V, este indicat ca transformatoarele coborîtoare să aibe următoarele prize: ± 5 %— — 7,5 % şi — 10 % faţă de ± 5% cît au transformatoarele de fabricaţie curentă în R.P.R.

Folosirea transformatoarelor reglabile sub sarcină poate asigura menţinerea tensiunii constantă, indiferent de variaţiile de tensiune din reţea.

Comanda poate fi de la distanţă sau locală sau, în sfîrşit, se poate obţine un reglaj complet

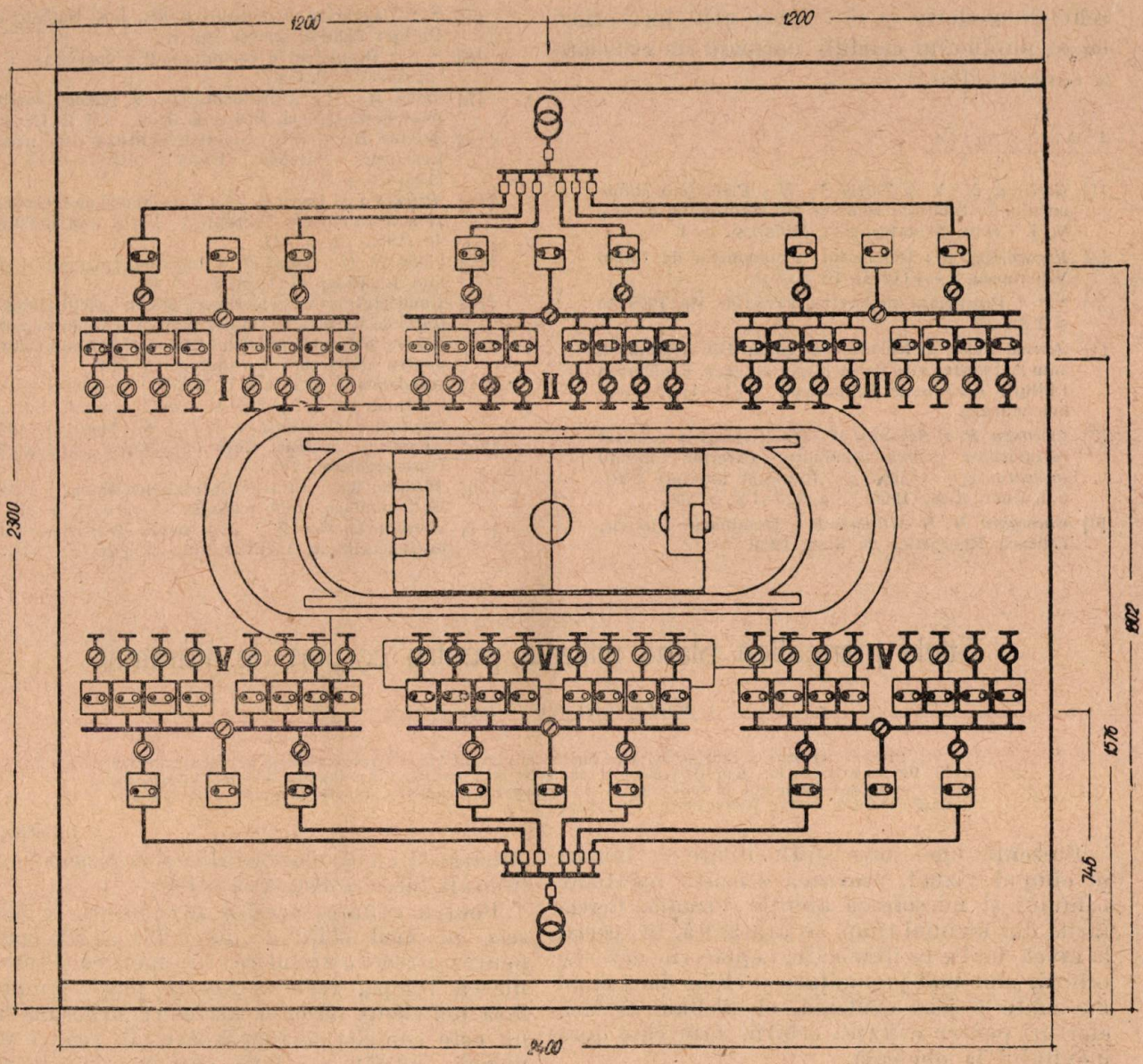


Fig. 23. Panou de comandă.

automat, menţinîndu-se riguros tensiunea la valoarea fixată. Domeniul de reglare este foarte larg ca de exemplu : $0 - 115$, $0 + 230$V la secundar pentru tensiunile primare de 220, 380 sau 500 V (între faze).

Montarea acestor regulatoare se face de obicei lîngă receptoare şi releul regulatorului este reglat la valoarea dorită a tensiunii. În cazul stadioanelor ar însemna ca regulatoarele să fie montate fie la baza stîlpilor fie la vîrful lor. Dacă acest lucru nu este posibil se poate monta şi cîte un regulator la fiecare post de transformare. În acest caz regulatorul trebuie astfel construit încît să asigure compensarea căderii de tensiune în linie, ceea ce se realizează printr-un sistem de compundaj.

Pentru stadionul Republicii s-a prevăzut instalarea de transformatoare de reglaj în fiecare post de transformare, în etapa iniţială folosindu-se numai prizele transformatoarelor.

8. Concluzii

Din cele expuse rezultă că proiectarea şi realizarea instalaţiilor necesare pentru obţinerea unui iluminat corespunzător pe un teren sportiv, reprezintă o problemă destul de complexă care cere o strînsă colaborare între diferitele specialităţi care conlucrează la rezolvarea ei. Deoarece problema iluminatului pentru competiţii nocturne se va pune mai devreme sau mai tîrziu la majoritatea marilor terenuri sportive ar fi indicat ca la noile construcţii de acest fel să se ţină seama de acest fapt luîndu-se din timp măsurile necesare.

Instalaţia proiectată pentru stadionul Republicii a fost astfel gîndită încît să fie la nivelul

tehnicii moderne şi să asigure atît jucătorilor cît şi publicului condiţii normale de vizionare a competiţiilor.

Bibliografie

[1] *Gorbacev N. V.* şi *Ţarcov V. M.*: Principiile iluminatului instalaţiilor sportive ale stadionului central V. I. Lenin, Svetotechnika, (1956) 6, p. 1.

[2] *Faragó György*: Iluminatul stadioanelor de fotbal Villamosag 3 évf (1955), 10, p. 302.

[3] * * * Prospectul proiectelor sovietice tip PZS 45 şi PZS 35.

[4] *Jansen Joh.*: Beleuchtungstechnik. Ein Handbuch zum Entwerfen von Beleuchtungsanlagen, Eindhoven Philip's Technische Bibliothek, 3 (1954) Aussenbeleuchtung.

[5] *Militaru P.* şi *Schapira W.*: Contribuţii la calculul instalaţiilor pentru iluminatul exterior folosind proiectoare şi aparate de iluminat montate înclinat, Energetica, (1956) 7, p. 323 şi 8, p. 332.

[6] *Gheorghiu N.* şi *Militaru P.*: Iluminatul Electric, Editura Energetică de Stat, 1952.

[7] * * * Lighting of football fields, L — Bulletin 27, Philip's lighting service bureau.

[8] * * * Regulateur à enroulament plongeur tip T Q (prospect B. B. C.).

[9] *Bossi H.*: Le transformateur à reglage continu pour basse tension, Revue B. B. C., III, 2 (IX. 41).

[10] *Rössler H.*, — Die Spielbeleuchtung im neuem Leipziger Stadion, Dtsch. Elektrotechn. 10 (1956)10, p. 78.

[11] *Prickett I.* şi *Dorey G. M.*: Iluminatul cu reflectoare al stadionului din Wembley, Light and Lighting, 48 (1955) 12, p. 441.

[12] *Slater N. C.*: Views of a lighting Engineer, Light and Lighting, 47 (1954) 2, p. 42.

[13] Comitetul pentru arhitectură şi construcţii al Consiliului de Miniştri. Normativ pentru proiectarea iluminatului natural şi artificial 215—55, Editura de Stat pentru arhitectură şi construcţii, 1955.

[14] Academia de Ştiinţe a U.R.S.S.: Îndreptar pentru iluminat, vol. I, Aparate şi surse luminoase, Editura Academiei de ştiinţă a U.R.S.S., Moscova, 1956.

[15] *Meşkov* şi *Sokolov*: Curs de tehnica iluminatului, Gosenergoizdat, 1953.

[16] *Wilhelm Wernz*: Fussballplatzbeleuchtung in Medellin-Columbien, Lichttechnik, 7, (1957), p. 369.

[17] *Riemenschneider W.*: Ein neuer Weg der Stadion-Beleuchtung, Lichttechnik, 3, (1957) p. 110.

Sticla prizmatică plană utilizată pentru corpuri de iluminat

EMIL IONESCU — Bucureşti *)

Prezenţa izvoarelor strălucitoare de lumină în cîmpul vizual provoacă efecte neplăcute pentru ochi. Pentru evitarea lor, lămpile trebuie ecranate; soluţia constînd în utilizarea de sticle prizmatice este avantajoasă din punct de vedere optic şi al reducerii strălucirii. Autorul prezintă o soluţie originală pentru utilizarea sticlei clare prizmatice.

CZ 683.853

Prezenţa unei surse strălucitoare de lumină în cîmpul vizual, provoacă senzaţii neplăcute ochiului şi micşorează atenţia vizuală. Cercetările din ultimul timp, au arătat că, în special la nivele înalte de iluminare, neplăcerile datorite orbirii, sînt mai pronunţate şi chiar dacă omul nu simte o jenă evidentă, el trebuie să facă eforturi pentru evitarea orbirii, fapt care duce inevitabil la oboseală.

Se ştie că orbirea datorită unei surse strălucitoare, are 5 cauze principale:

1. Sursa de lumină este prea strălucitoare.
2. Intensitatea luminii sursei, este prea mare în direcţia ochiului.
3. Sursa de lumină, este prea aproape de ochi.
4. Contrastul dintre sursa de lumină şi fond, este prea mare.
5. Timpul de expunere a sursei de lumină pe ochi, este prea îndelungat.

S-a observat, în special în industrie, unde se folosesc reflectoare cu repartiţie adîncă sau medie cu unghiuri de protecţie de 60°—70°, că se produc contraste pronunţate de strălucire, iar ecranarea luminii este insuficientă. Se constată, de asemenea, că iluminarea directă prin reflectoare puternice, produce strălucirea supărătoare a părţilor metalice şi a sticlei expuse luminii, lucru ce dăunează vederii.

Pentru evitarea acestor neajunsuri, se folosesc în mod obişnuit plăci de sticlă opală pentru a reduce strălucirea fotometrică şi spre a masca lampa, vederii. Aceste plăci, prezintă însă deficienţe serioase, astfel că utilizarea lor nu este complet satisfăcătoare. În cele ce urmează, indicăm o soluţie care prezintă incontestabile avantaje optice, prin folosirea drept corpuri de iluminat a sticlei clare prizmatice.

Refracţia luminii în prizma de sticlă

Se ştie că prizmele de sticlă, denumite şi refractoare prizmatice, au fost propuse pentru prima dată să fie utilizate drept corpuri de iluminat de Blondel şi Hampton şi tot lor li se datoreşte metoda clasică de calcul. Marea dezvoltare ce a căpătat utilizarea lămpilor Holophan pentru iluminatul exterior, se datoreşte înaltei precizii de calcul la care s-a ajuns azi în geometria optică, putîndu-se obţine astfel orice redistribuire datorită fluxului de lumină incidentă.

Proprietăţile optice ale sticlei din care se fac refractoarele prizmatice, au o mare importanţă, deoarece o variaţie a indicelui de refracţie a sticlei provoacă variaţia corespunzătoare a redistribuirii fluxului de lumină ce cade pe

*) Dr. Ing. E. Ionescu este şeful atelierului de alimentare cu energie electrică a Industriei siderurgice şi metalurgice din IPROMET.

sticlă. Dispersarea luminii în refractor, depinde de asemenea în mare măsură de dimensiunile sursei de lumină și de dimensiunile elementelor de refracție a sticlei. Trecerea razelor de

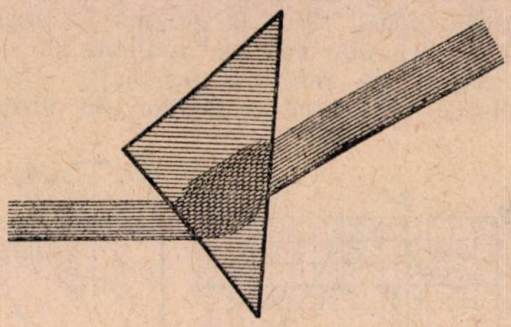


Fig. 1 Trecerea razelor de lumină printr-o prismă.

lumină prin elementul prizmatic al refractorului este reprezentată în fig. 1.

O rază de lumină LM, căzînd pe suprafața superioară a prizmei ABC sub un unghi i (fig. 2), se refractă în prizmă după direcția PQ, făcînd unghiul ξ cu verticala. Aplicînd

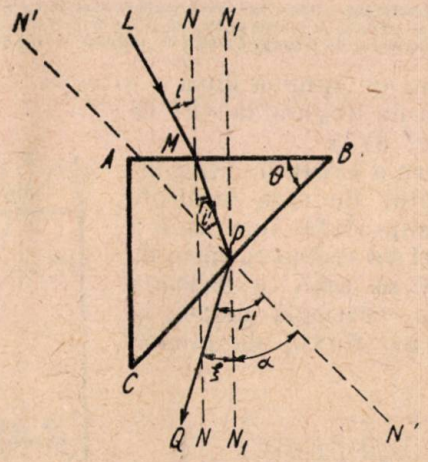


Fig. 2 Refracția razei de lumină în prismă.

legile elementare ale opticii geometrice obținem:

$$\sin i = n \sin r, \tag{1}$$

$$\sin r' = n \sin i' \tag{2}$$

în care n, este indicele de refracție al sticlei. Din combinarea formulelor (1) și (2), se obține:

$$\sin i \cdot \sin i' = \sin r \cdot \sin r'. \tag{3}$$

Dacă însemnăm cu θ unghiul de atac (la vîrf) al prizmei avem:

$$\theta = r + i'. \tag{4}$$

În acest caz, se obține:

$$\sin r' = n \sin i' = n \sin (\theta - r) =$$

$$= n \sin \theta \sqrt{1 - \sin^2 r} - n \cos \theta \sin r =$$

$$= \sin \theta \sqrt{n^2 - \sin^2 i} - \sin i \cos \theta. \tag{5}$$

Din examinarea fig. 2, rezultă:

$$r' = \xi + \theta. \tag{6}$$

Vom obține astfel ecuația de legătură căutată dintre unghiurile ξ, θ și i:

$$\sin(\xi + \theta) = \sin \theta \sqrt{n^2 - \sin^2 i} - \sin i \cos \theta. \tag{7}$$

Considerăm prizme avînd unghiuri la vîrf de 30°, 40°, 50°, 60° și 70° și făcînd pe $n = 1{,}5$, obținem curbele din fig. 3*a*, 4*a*, 5*a*, 6*a*, și 7*a*, care redau variația unghiului de refracție ξ, funcție de unghiul de incidență i care poate lua valori de la 0°—180°. Fig. 3*b*, 4*b*, 5*b*, 6*b* și 7*b*, arată schematic acțiunea relectivă a prizmelor față de razele de lumină incidente. Astfel, dacă lumina cade sub diferite unghiuri de la 0°—180° pe suprafața plană a unei sticle transparente, pătrunzînd în sticlă, este concentrată în punctul de incidență într-un con a cărui valoare este determinată de indicele de refracție n. Pentru $n = 1{,}5$, unghiul de la vîrful conului de lumină este de $\pm$ 42°, dedus din formula:

$$\sin 42° = \frac{1}{1{,}5}. \tag{8}$$

Fluxul de lumină, parcurgînd masa sticlei, cade pe suprafața inferioară a plăcii ș8 va fi parțial transmis în aer, parțial reflectat. Dacă suprafața inferioară a plăcii de sticlă ar fi plană, lumina va fi refractată în aer, tot sub un unghiu de 180°. Din contra, dacă suprafața inferioară face parte dintr-o prizmă cu unghiul la vîrf θ, fluxul de lumină va fi refractat în aer sub unghiuri mai mici de 180°. Astfel, pentru un unghi la vîrf al prizmei $\theta = 30°$, conul de lumină refractată va avea unghiul la vîrf de $\pm$ 60° (fig. 3, *b*); pentru $\theta = 40°$, unghiul la vîrf al conului de lumină refractată va fi de $\pm$ 50° (fig. 4, *b*); pentru $\theta = 50°$, unghiul la vîrf al conului de lumină refractată este de $\pm$ 40° (fig. 5, *b*); pentru $\theta = 60°$, unghiul la vîrf al conului de lumină refractată este $\pm$ 30° (fig. 6, *b*) și pentru $\theta = 70°$, unghiul la vîrful conului de lumină refractată este de $\pm$ 20° (fig. 7, *b*).

Din cele expuse mai sus rezultă următoarele:

1. Toate prizmele considerate, concentrează fluxul luminos sub unghiuri mai mici de $\pm$ 60°, excluzînd orbirea ochiului. Aceste unghiuri sînt cu atît mai mici, cu cît unghiul θ de la vîrful prizmei este mai mare (flux de lumină mai concentrat).

2. Cea mai bună utilizare a razelor de lumină incidente sub unghiuri de la 0°—180°, o dau prizmele cu unghiul la vîrf de 30°, care refractă cea mai mare parte din raze în aer. Restul razelor incidente pe suprafața superioară a prizmelor, sînt reflectate simetric pe fața inferioară a prizmei și se reîntorc pe suprafața superioară, unde sînt reflectate din nou și le transmit prizmei vecine. Rezultă de aici, că unele raze

de lumină pot traversa distanțe considerabile în prizme și ca atare este necesar ca sticla să aibă un coeficient de absorbție cît mai mic, cu valori cuprinse între $\alpha = 0{,}10$ și $\alpha = 0{,}15$. Sticla, va trebui apoi, să fie curată și să nu producă dispersia luminii în interiorul prizmei, astfel ca refracția să nu fie periclitată de dispersiunea luminii în sticlă. Pentru aceasta, coeficientul de dispersiune al sticlei prizmelor, nu va trebui să depășească valoarea de 0,01.

3. Pentru a împiedica ecranarea mecanică a fluxului dispersat de prizmă în aer, este necesar ca unghiul vîrfului conului său de lumină, să fie totdeauna mai mic decît unghiul a două prizme învecinate.

Tipuri de prizme propuse

Dintr-o examinare mai atentă a caracteristicilor optice ale prizmelor reprezentate în fig. 3—7,

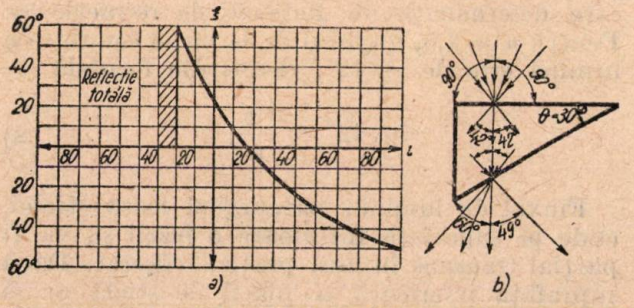


Fig. 3 Refracția luminii la prizma cu un unghi de atac de $\theta = 30°$: *a*—variația unghiului de refracție ξ, funcție de unghiul de incidență i (fig. 2); *b*—limitele variației unghiului de refracție ξ funcție de unghiul de incidență i (fig. 2).

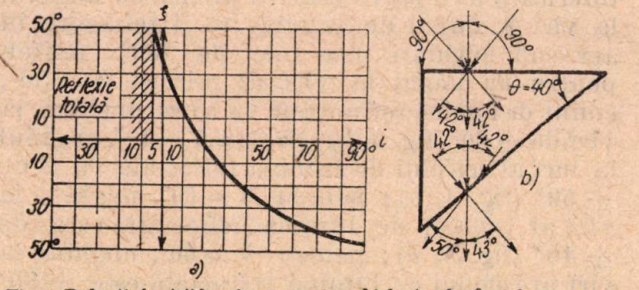


Fig. 4. Refracția luminii la prizma cu un unghi de atac de $\theta = 40°$; *a*—variația unghiului de refracție ξ, funcție de unghiul de incidență i (fig. 2); *b*—limitele variației unghiului de refracție ξ funcție de unghiul de incidență i (fig. 2).

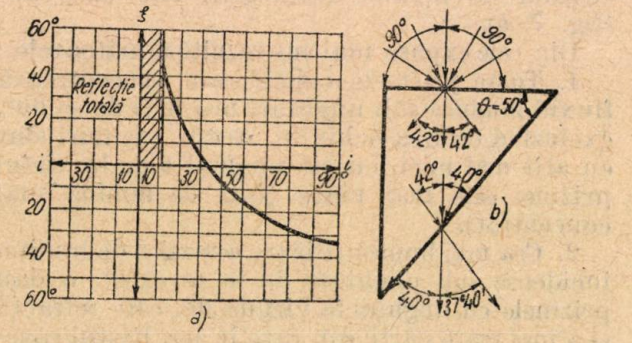


Fig. 5. Refracția luminii la prizma cu un unghi de atac de $\theta = 50°$: *a*—variația unghiului de refracție ξ, funcție de unghiul de incidență i (fig. 2); *b*—limitele variației unghiului de refracție ξ funcție de unghiul de incidență i (fig. 2).

rezultă că ele pot avea două funcțiuni optice mai convenabile după valoarea unghiului θ al prizmei respective:

— Pentru obținerea unui flux de lumină dirijat după o direcție dată, este avantajos să se utilizeze prizme cu unghiuri la vîrf mari (50°—70°).

— Pentru obținerea unui flux de lumină concentrat difuz, tipul de prizmă cu unghiuri mici la vîrf, sînt cele mai indicate (30°—40°).

1. Tipul de refractor prizmatic care răspunde cel mai bine condițiilor de dirijare a

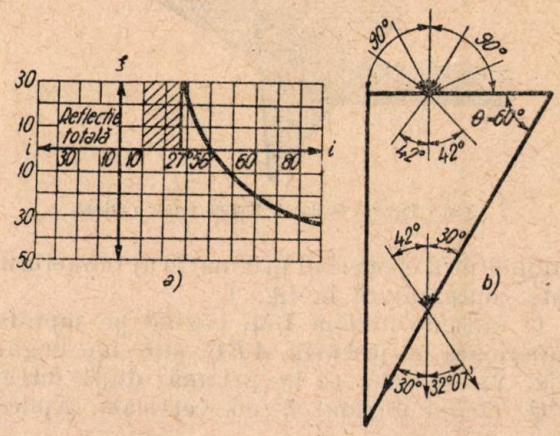


Fig. 6 Refracția luminii în prizma cu un unghi de atac de $\theta = 60°$: *a*—variația unghiului de refracție ξ, funcție de unghiul de incidență i (fig. 2); *b*—limitele variației unghiului de refracție ξ funcție de unghiul de incidență i (fig. 2).

fluxului de lumină după o direcție dată, este prizma cu unghiul la vîrf de 55° (fig. 8) [1]).

Pentru a capta în întregime fasciculul de raze incidente după suprafața superioară a prizmei va trebui ca sursa de lumină să aibă o înclinare față de verticală de 20°, în care caz fluxul de lumină

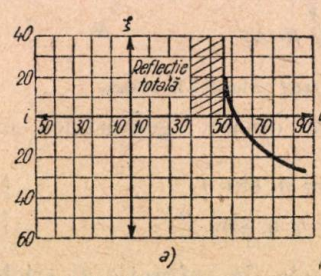


Fig. 7. Refracția luminii la prizma cu un unghi de atac de $\theta = 70°$: *a*—variația unghiului de refracție ξ, funcție de unghiul de incidență i (fig. 2); *b*—limitele variației unghiului de refracție ξ funcție de unghiul de incidență i (fig. 2).

refractat va fi dirijat la 35° față de verticală.

Dacă razele incidente sînt mai mici de 20° ele vor fi total reflectate și absorbite în bună parte în prizmă. După cum se poate remarca în fig. 8 unghiul de incidență va putea varia de la 20° la 30°, fără ca lumina refractată să fie ecranată de prizma învecinată.

[1]) Demonstrația matematică riguroasă este destul de simplă; din cauza spațiului redus consacrat acestui articol, voi reda într-un număr viitor calculul unghiului de atac optim pentru un anumit flux de lumină refractat.

Pentru obținerea fluxului de lumină dirijat după direcția de 35° se poate utiliza ca sursa de lumină, lămpi incandescente cu reflectoare adînci sau proiectoare, cărora li se va da înclinarea de 20°. Fig. 9. indică curba fotometrică a refractorului.

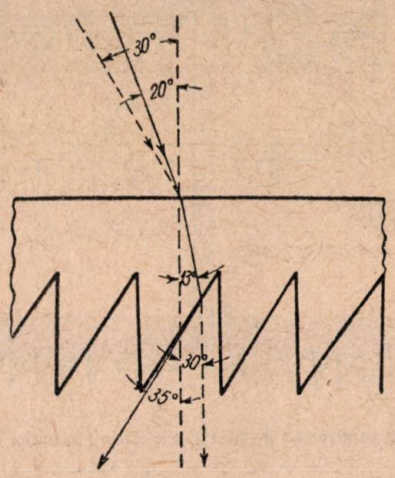


Fig. 8. Limitele unghiului de refracție ξ la refractorul prizmatic cu θ = 55° pentru un unghi de incidență i cuprins între 20° și 30°.

Din cele expuse rezultă marea utilitate ce o poate prezenta acest gen de corp de iluminat, care dirijează lumina, fără pericol de orbire, asupra tablourilor de distribuție electrică din

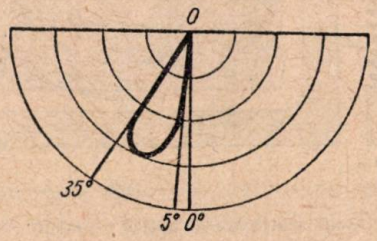


Fig. 9. Curba fotometrică a luminii refractate la un refractor prizmatic cu unghiul de atac θ = 55°.

sălile de comandă ca și pentru iluminatul pieselor din muzee, expoziții etc.

2. Refractar prizmatic pentru lumina complet difuză. S-a arătat că atunci cînd lumina complet difuză de 180°, cade pe suprafața superioară a unei prizme, parte din raze sînt refractate cu efect util, în aer, restul sînt reflectate din nou în prizmă. Pentru a obține maximum de efect de refracție a luminii difuze, se poate demonstra că cel mai potrivit unghi de la vîrful prizmei este dat de relația:

$$\theta = 60° - 0{,}66 \times 42° = 32°. \qquad (9)$$

În care 42° este unghiul critic de refracție dat de (8) de mai sus.

Fig. 10 arată că lumină complet difuză de 180°, căzînd pe suprafața unei prizme, cu unghiul de vîrf de 32°, este transmisă difuz în aer sub un con de ± 58°, astfel că nu există lumină transmisă sub unghiuri mai mici de 32° față de orizontală, în așa zisa zonă de orbire.

Acest con de lumină, nu va putea fi ecranat de colțul prizmei învecinate, deoarece unghiul între două prizme este de 116° > 58°.

Se mai observă că unghiul de la vîrful conului de lumină reflectată pe suprafața inferioară a prizmei este de 32° și este transmis mai departe prizmei vecine care-l refractă în parte.

Ca sursă de lumină difuză se va utiliza lămpile fluorescente ce se vor monta la minimum 7,5 cm deasupra refractorului, spre a fi mascate la vedere. Se știe că lămpile fluorescente, fără

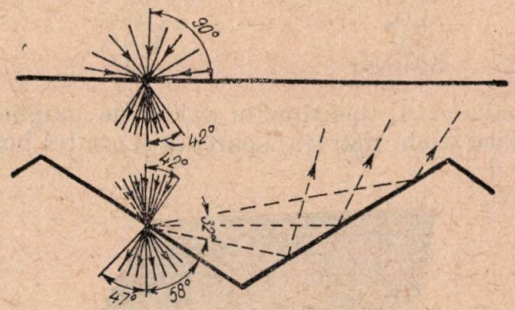


Fig. 10. Refracția luminii difuze la un refractor cu un unghi de atac θ = 32°.

dirijarea adecvată a luminii, pot produce efecte pronunțate de orbire, aceasta în special în cazul cînd aceste lămpi sînt montate în șiruri continui. Prin concentrarea fluxului de lumină difuz și prin mascarea lămpilor, refractorul propus este un corp de iluminat ideal pentru lămpile fluorescente.

O lampă la care se aplică de asemenea refractoarele prizmatice, spre a împiedica strălucirea orbitoare, este lampa atomică [2]). Ea produce o lumină difuză (vizibilă pînă la 300 m distanță), care fiind primită pe prizmă, concentrează această lumină într-un unghiu de lumină difuză de ± 58°, excluzînd astfel orbirea.

Fig. 11 arată curba fotometrică a refractorului prizmatic cu unghiul la vîrf de 32°. Această

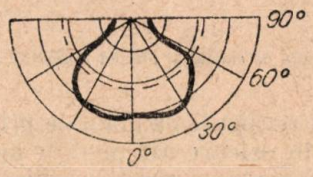


Fig. 11. Curba fotometrică a refractorului prizmatic cu unghiul de atac θ = 32°.

curbă are o mare asemănare cu curba fotometrică a unui transmițător perfect difuz (sticlă opal ideală).

---

[2]) Această lampă produce lumina prin radiație atomică, prin amestecul unui radioizotop de stronțiu, cu sulfitul de zinc. Razele atomice invizibile emise de stronțiu, fac ca sulfitul de zinc să producă lumină vizibilă, apropiată de lumina zilei.

Acest gen de refractoare pot fi de asemenea utilizate ca luminatoare orizontale sau ca ochiuri verticale de geam, avînd un efect foarte eficace de concentrare a fluxului de lumină difuz primit pe faţa sa plană de la lumina naturală a zilei.

Construcţie şi montaj [3])

Avînd în vedere că refractoarele studiate au înalte calităţi optice, compoziţia sticlei va fi cea apropiată de a sticlei Holophan cu următoarea compoziţie tip:

SiO_2	72 %
CaO	6,4 %
Al_2O_3	0,5 %
Na_2O	19,9 %
Adaosuri	1,2 %

Ca adaosuri, menţionăm oxidul de magneziu care face sticla mai transparentă şi oxidul boric,

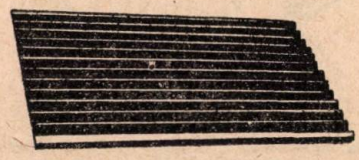


Fig. 12. Placa de prizmă liniară

care îmbunătăţeşte stabilitatea termică a sticlei.

Fig. 8 şi 10 indică secţiuni schematice prin refractoare. Prizmele care constituie aceste re-

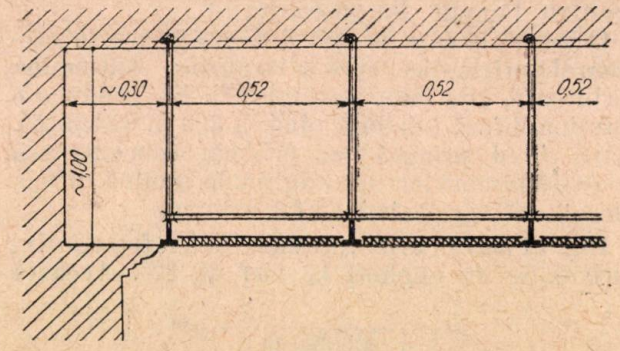


Fig. 13. Schiţa de montaj al plăcilor prizmatice pe plafon

fractoare sînt realizate ca plăci de prizme liniare (fig. 12) sau în oricare alt mod de aranjare mai estetic, de exemplu ca prizme conice.

Se va căuta în tot cazul ca prizmele să mascheze complet colorăţia albastră de la capetele tuburilor fluorescente.

Calculele ne arată că suprafaţa superioară a prizmei, nu este necesar să fie riguros plană, putînd fi uşor concavă, fără ca prin aceasta efectul optic al prizmei să fie influenţat.

[3]) Cerere de inovaţie făcută de Dr. Ing. Emil Ionescu şi Arhitect Polihroniade la IPROMET cu Nr. 1 460 din 11 iunie 1956.

Din punct de vedere constructiv, dimensiunile optime ale acestor refractoare vor fi de 50 cm/50 cm şi 15 mm grosime. Cum greutatea

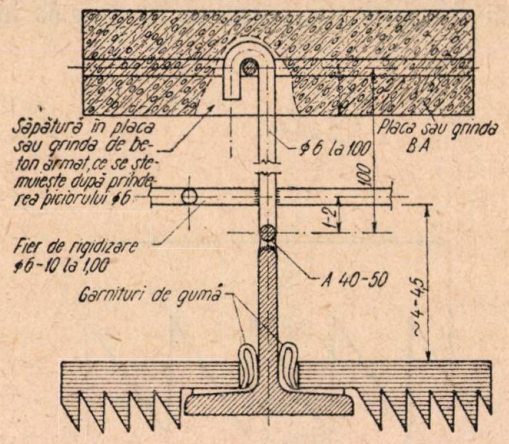


Fig. 14. Detalii constructive de montaj al sticlelor prismatice pe plafon.

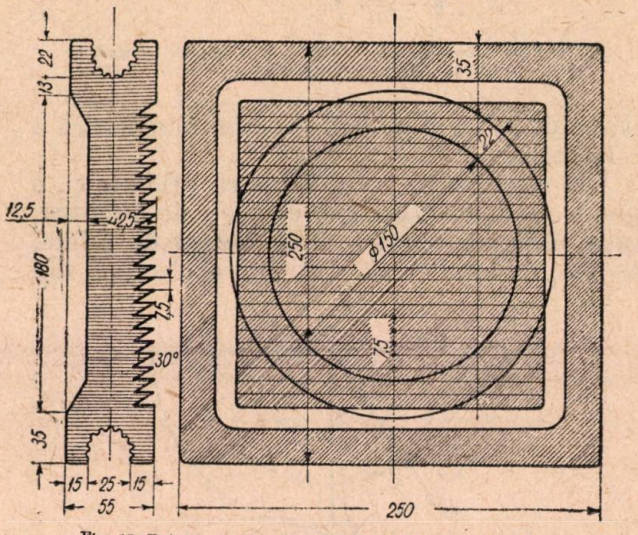


Fig. 15. Detalii constructive ale plăcilor prizmatice verticale.

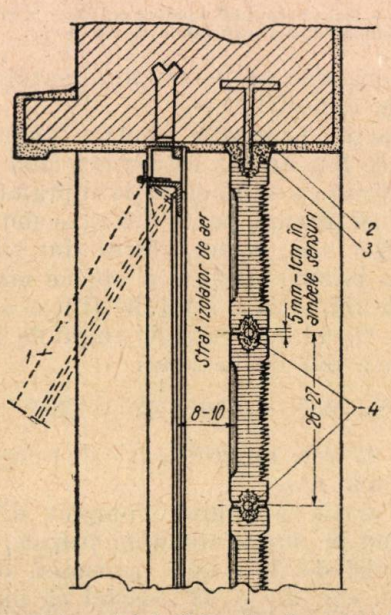


Fig. 26. Detalii de montaj al plăcilor prizmatice verticale la ferestre.

specifică a sticlei este de 2 600 kg/m³, greutatea unei asemenea plăci va fi de 10 kg, putînd fi astfel uşor montată. Fig. 13 şi 14 indică modul de montaj al plăcilor pe plafon.

Fig. 15 şi 16 furnizează cîteva date constructive şi de montaj a plăcilor verticale pentru iluminatul natural. Aceste plăci pot fi montate identic cu plăcile „Luxfer" sau „Nevada" existente. În cazul cînd ele vor fi folosite ca ferestre, se va crea spaţiul termic necesar prin adoptarea unei ferestre cu deschidere exterioară. Aceste sticle prizmatice se mai pot utiliza şi la panourile luminasee electroluminescente.

În încheiere, socotim că realizarea unor atari corpuri de iluminat din refractoare prizmatice de către industria noastră indigenă, va contribui la îmbunătăţirea condiţiilor de iluminat interior din ţara noastră. Este necesar să se construiască pentru început cîteva prototipuri de refractoare prizmatice, spre a se putea verifica măsura în care acestea corespund din punct de vedere optic, condiţiilor teoretice expuse mai sus.

Bibliografie

[1] *Belkind L. D.*: Corpuri de iluminat care acţionează la distanţă apropiată, Ed. Energetica de Stat, Moscova, Leningrad, 1955.
[2] *Holmes J. C.*: Forme noi de prizme utilizate ca corpuri de iluminat. Electrical Review, 160 (1957) nr. 15.
[3] O nouă lampă atomică. Atomic's. 7 (1956) nr. 4.
[4] *E. Ionescu* şi *Polihroniade*: Sticle prizmatice pentru dirijarea luminii. Inovaţie Nr. 1460 din 11 iunie 1956 prezentată la IPROMET.
[5] *E. Ionescu*: Metode noi de calcul al refractoarelor prizmatice utilizate, drept corpuri de iluminat. Ed. Tehnică 1957.

Asupra problemei deficienţelor instalaţiilor de iluminat cu lămpi fluorescente

GASTON NAHMIAS şi *NATHAN ROSENBERG*—Bucureşti*)

Iluminatul cu lămpi fluorescente este mai pretenţios decît cel cu lămpi incandescente, datorită anumitor factori caracteristici iluminatului fluorescent. Nerespectarea unor condiţii la proiectarea şi instalarea iluminatului fluorescent provoacă obiecţii întemeiate din partea celor care îl utilizează. Dimpotrivă, dacă instalaţia este realizată respectîndu-se toate prescripţiile recomandate, atunci iluminatul respectiv va crea toate condiţiile pentru obţinerea unui confort vizual optim. Problema este de actualitate, instalaţiile cu lămpi fluorescente devenind din ce în ce mai numeroase.

CZ 628.93 :621.327.43

În tehnica modernă a iluminatului, lămpile electrice cu incandescenţă cedează locul de frunte pe care l-au ocupat timp de 50 de ani lămpilor bazate pe luminescenţă, în special, lămpilor fluorescente. Despre superioritatea acestora din urmă asupra lămpilor cu incandescenţă s-a scris foarte mult, între altele chiar în numerele anterioare ale revistei „Electrotehnica" astfel încît nu este cazul de a mai reveni asupra acestei chestiuni cunoscute.

La noi în ţară, instalaţiile de iluminat cu lămpi fluorescente iau pe zi ce trece o dezvoltare mai mare. Introducerea lor pe scară largă este însă condiţionată de greutatea procurării lor, dat fiind că la ora actuală lămpile fluorescente se importă.

Instalaţiile de iluminat cu lămpi fluorescente sînt destul de pretenţioase în ceea ce priveşte proiectarea şi exploatarea. Nerespectarea anumitor condiţii la realizarea lor poate da naştere la efecte fiziologice neplăcute, provocînd obiecţii întemeiate din partea beneficiarilor.

Scopul prezentului articol este de a arăta cauzele care pot face ca o instalaţie de iluminat cu lămpi fluorescente să fie necorespunzătoare precum şi mijloacele de înlăturare a acestor cauze. De asemenea sînt analizate două instalaţii de iluminat fluorescent de la noi din ţară.

*) Ing. G. Nahmias este asistent la Inst. Politehnic şi a fost proiectant şef la Intrep. de electricitate Bucureşti. Ing. N. Rosenberg este cercetător la Inst. de Protecţia Muncii.

Obiecţiile împotriva iluminatului flourescent şi cauzele lor

Obiecţiile împotriva iluminatului fluorescent se clasifică, de obicei, în :

a) obiecţii iniţiale (la instalarea iluminatului fluorescent) ;

b) obiecţii de durată (după minimum 6 luni de la instalarea iluminatului fluorescent).

Adeseori obiecţiile iniţiale sînt de natură subiectivă, ele fiind legate de rezistenţa la schimbări (schimbarea iluminatului, modificarea locului de muncă, a normelor de lucru) a persoanelor mai sensibile. Uneori obiecţiile iniţiale iau forma unor psihoze colective, în care toate sau aproape toate persoanele se plîng un timp de aceleaşi tulburări.

Obiecţiile de durată provin de la persoane izolate. Ele pot fi studiate mai uşor, deoarece la ele componenta psihică sau subiectivă nu mai joacă în general un rol însemnat.

Cele mai importante obiecţii, semnalate ca fiind provocate de instalaţiile de iluminat fluorescent sînt următoarele : oboseală, cefalee supraorbitală, migrenă oftalmică, usturimi ale ochiului, tendinţă de lăcrimare, fotofobie, diminuarea acuităţii vizuale, conjunctivită, senzaţia de grăunţe de nisip sub pleoape, instabilitate acomodativă, stare depresivă etc. Unii cercetători au pus în evidenţă diminuarea puterii discriminatorii a ochiului la lumină fluorescentă. S-a constatat că tulburările de vedere

se manifestă în special la persoane cu afecţiuni oculare anterioare, cu tulburări de refracţii necorectate şi la persoane alergice.

Relaţia de cauză şi efect între simptomele mai sus enumerate şi sistemul de iluminat fluorescent a fost dovedită prin condiţiile de apariţie şi dispariţie a fenomenelor.

Un oarecare timp, mai ales în primii ani de apariţie a iluminatului fluorescent, s-a crezut că majoritatea tulburărilor de vedere constatate sînt provocate de emisia de raze ultraviolete a lămpilor fluorescente. Acţiunea fiziologică a radiaţiilor ultraviolete este concretizată în tabela 1.

Tabela 1

Radiaţia ultravioletă		
sub 2 800 Å (scurte)	2 800 ... 3 150 Å (medii)	3 150 ... 4 000 Å (lungi)
produce arsuri, conjunctivite etc.	produce eritemul pielii (înroşire)	produce pigmentarea pielii (bronzare)

Consecinţele acţiunii fiecărei radiaţii, depind, în afară de lungimea de undă, de intensitatea şi durata iradierii. Astfel, radiaţia ultravioletă cu lungimea de undă sub 2 800 Å, cu o intensitate de ordinul 0,001 W/m^2 este foarte nocivă.

Cercetările fizicienilor, fiziologilor şi biologilor au arătat că emisia de raze ultraviolete a lămpilor fluorescente este extrem de redusă şi absolut inofensivă. Este adevărat că în interiorul lămpilor fluorescente, radiaţii ultraviolete de lungime de undă scurtă, apar cu puteri mari. Ele sînt însă absorbite în întregime de luminofor şi de sticla tubului. Cercetările spectrale arată că lămpile fluorescente nu emit în exterior raze ultraviolete cu lungimi scurte, iar în zona mijlocie ele dau radiaţii cu lungimea de undă minimă de 2 967 Å. De altfel, măsurătorile au dovedit că proporţia de raze ultraviolete în lumina lămpilor fluorescente este mai mică decît în lumina solară, aşa cum o primim pe pămînt. Conjunctivitele produse de razele ultraviolete sînt totdeauna precedate de un eritem al feţei, pe cînd lămpile fluorescente nu au provocat niciodată eriteme, oricît de slabe. În sfîrşit conjunctivele produse de raze ultraviolete sînt caracterizate prin prezenţa în secreţiile ochiului a numeroase celule eozinofile, care nu se întîlnesc în conjunctivitele produse de iluminatul fluorescent.

Razele din ultravioletul cu lungime mare de undă produse de unele lămpi fluorescente, pot provoca la anumite persoane o fluorescenţă slabă a cristalinului, însoţită de o jenă în vedere (senzaţia de voalare).

Asemenea fenomene, foarte rare după cum se pare, se corectează bine prin purtarea de ochelari cu sticle speciale, netransparente pentru aceste radiaţii ca : sticla Hygal, Rogal, Ultrasin ş. a. Fenomenul de fluorescenţă a cristalinului sub acţiunea violetului şi ultravioletului apropiat, nu a fost încă suficient de studiat. Cercetări histologice făcute asupra cristalinelor unor iepuri, ţinuţi în permanenţă timp de 3—7 luni sub acţiunea unui iluminat artificial, fie fluorescent, fie incandescent, nu au arătat modificări ale cristalinului şi nici deosebiri provocate de cele două moduri diferite de iluminat.

Un alt fenomen care a alarmat prin 1948—1950 pe cei ce utilizau lămpile fluorescente este toxicitatea lămpilor fluorescente sparte. Compuşii de beriliu, care intră în compoziţia anumitor luminofori, sînt destul de toxici. De aceea este recomandabil ca, la spargerea unei lămpi, să se evite respirarea sau atingerea cu mîna a pulberilor de luminofor. De altfel lămpile cu luminofori halogenaţi ce se fabrică astăzi nici nu conţin aceste substanţe toxice.

Din cele expuse rezultă că nu emisia de raze ultraviolete este originea tulburărilor vizuale semnalate. Cercetările întreprinse au dovedit că aceste tulburări sînt cauzate de oboseala ochilor şi a centrilor corticali ai vederii, la rîndul lor provocate de o serie de defecte ale instalaţiilor de iluminat cu lămpi fluorescente.

Defectele care fac ca o instalaţie cu lămpi fluorescente să devină necorespunzătoare pot fi împărţite în cinci categorii în funcţie de următoarele caracteristici ale instalaţiei de iluminat : 1) nivelul de iluminare, 2) pîlpîirea, 3) strălucirea lămpilor, 4) culoarea luminii, 5) formarea umbrelor.

Nivelul de iluminare

La proiectarea instalaţiilor fluorescente, se prevăd uneori iluminări relativ mici, de ordinul celor folosite cu lămpile incandescente (50 la 100 lx), folosindu-se eficacitatea luminoasă mărită a lămpilor fluorescente în scopul reducerii cheltuielilor de energie electrică. Acest lucru constituie un defect al instalaţiei, deoarece nu se ţine seama de efectul Purkinje şi de consecinţele lui. Se ştie că sensibilitatea ochiului nu este aceeaşi pentru toate radiaţiile spectrului vizibil. La străluciri obişnuite, ochiul omenesc prezintă maximul de sensibilitate pentru radiaţia galben — verzuie, avînd lungimea de undă de 5 555 Å. La stăluciri reduse (sub 0,03 cd/m^2 maximul de sensibilitate a ochiului se deplasează spre lungimi de undă mici, ajungînd la aproximativ 5 050 Å (verde-albăstrui) pentru străluciri sub 10^{-3} cd/m^2. Aceasta constituie tocmai efectul Purkinje (v. fig. 1).

Datorită efectului Purkinje, o lumină slabă cu spectru continuu, pare mai albăstruie decît o lumină puternică avînd aceeaşi compoziţie spectrală. Printr-o asociere a creerului, o lumină albăstruie este interpretată ca fiind mai slabă decît o lumină gălbuie de egală intensitate

luminoasă. Cu cît o lumină este mai albăstruie cu atît ea trebuie să fie mai puternică pentru a produce o aceeaşi impresie luminoasă. În cazul

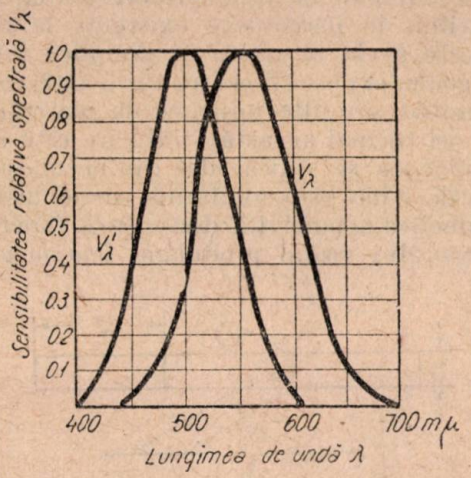


Fig. 1. Deplasarea curbei de sensibilitate spectrală la strălucriri reduse.

iluminărilor mici, lumina mai albăstruie a lămpilor fluorescente, pare slabă, crepusculară, impresie întărită şi de strălucirea redusă a lămpilor. Această impresie de amurg reprezintă un excitant semnalizator care declanşează o scădere a metabolismului avînd un puternic caracter inhibitor.

Rezultă de aici o senzaţie de indispoziţie ce poate avea diverse urmări negative. În plus, prezbiţii întîmpină dificultăţi de acomodare şi, ca la orice instalaţie cu iluminări reduse, miopia se accentuează. Oboseala ochilor provoacă dureri de cap, oboseală generală etc. Din această cauză iluminatul fluorescent trebuie să producă iluminări mai mari decît iluminatul incandescent şi anume, cu atît mai mari, cu cît culoarea luminii este mai albăstruie. Cercetătorii sovietici arată că limita inferioară a iluminărilor produse de lămpile fluorescente, compatibilă cu cerinţele igienei este de 100 lx. Practica vest-europeană recomandă iluminări minime de 400 lx cu lămpi „lumina zilei" şi 150 — 200 lx, cu lămpi „lumina albă". În normativul C.S.A.C. din 1955, iluminarea minimă a locurilor de muncă este de 100 lx în cazul iluminatului fluorescent.

Pîlpîirea lămpilor fluorescente

Lămpile fluorescente alimentate în curent alternativ, prezintă o oscilaţie a fluxului luminos, datorită faptului că luminoforii au o inerţie luminoasă foarte mică. Pîlpîirea lămpilor (care nu trebuie confundată cu pîlpîirea lămpilor uzate sau prost instalate) depinde de variaţia fluxului luminos produsă de descărcarea în vapori de mercur şi de durata luminescenţei luminoforilor, care, pentru luminoforii uzuali este mai mică la cei ce emit în albastru de cît la cei ce emit în roşu. Pîlpîirea este deci mai puternică la lămpile „lumina zilei" decît la cele „lumina albă" şi „lumina albă caldă", efectul fiind accentuat şi de faptul că liniile violete ale mercurului, care se sting de două ori pe ciclu, joacă un rol mai important în lumina emisă de lămpile „lumina zilei".

Frecvenţa pîlpîirilor este egală cu dublul frecvenţei reţelei. Pîlpîirea capetelor lămpilor este şi mai perceptibilă, deoarece se produce cu frecvenţa reţelei, fiecare electrod jucînd o dată pe ciclu rolul de catod sau anod.

Pentru a compara variaţia fluxului luminos a lămpilor fluorescente cu a celorlalte surse luminoase dăm mai jos valorile $\frac{\Delta\Phi}{\Phi_{med}}$ (în %) a diverselor surse, luînd ca bază oscilaţia unei lămpi cu incandescenţă, conectată la o sursă de curent continuu (variaţie 0 %):

lampă cu incandescenţă alimentată în c.c.	0 %
lampă cu incandescenţă alimentată în c. a.	13 %
lampă fluorescentă 40 W cu electrozi calzi, lumină albă caldă	27 %
lampă fluorescentă 40 W cu electrozi calzi, lumină albă	44 %
lampă fluorescentă 40 W cu electrozi calzi, lumina zilei	58 %
lampă cu descărcare în vapori de Hg sau Na.	100 %

Variaţia intensităţii luminoase a lămpilor fluorescente, datorită curentului alternativ, este percepută de ochi mai ales în viziune periferică, sub forma unor pîlpîiri. Pîlpîirea luminii oboseşte ochii şi centrii corticali ai vederii, prin efortul continuu de adaptare. Pîlpîirea de frecvenţă 100, chiar dacă nu pare a fi percepută direct, graţie fuziunii imaginilor luminoase, provoacă oboseală vizuală, deoarece fuziunea imaginilor luminoase se face printr-un proces nervos central. Electroencefalogramele arată o activitate cerebrală la frecvenţa de pîlpîire de 100.

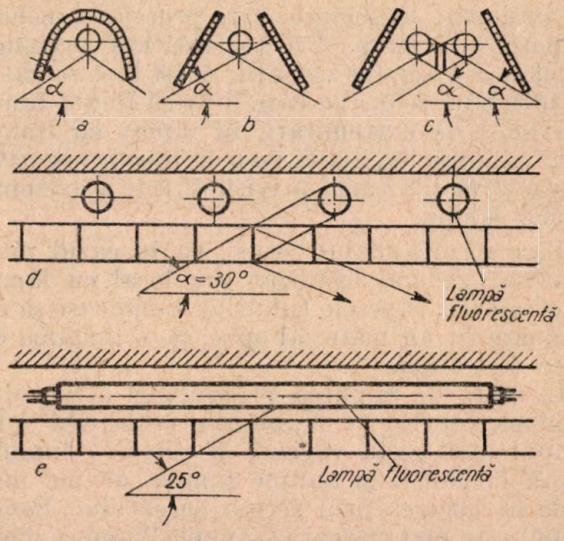


Fig. 2. Ecranarea lămpilor fluorescente prin ecrane, sticle difuzante şi grătare: *a* — ecran; *b,c* — sticlă difuzantă; *d,e* — grătar.

Acţiunea pîlpîirii iluminatului fluorescent asupra activităţii cerebrale explică diminuarea puterii discriminatorii a ochiului în lumină fluorescentă. Este semnificativ faptul că în S.U.A. unde

frecvenţa curentului alternativ este de 60 per/s, obiecţiile împotriva pîlpîirii sînt mai reduse decît în Europa. În regiunile cu frecvenţe de 25 Hz, obiecţiile au fost foarte numeroase.

În afară de oboseala nervoasă pe care o produce, pîlpîirea lămpilor fluorescente poate da naştere cunoscutului efect stroboscopic, care se manifestă la privirea corpurilor în mişcare. Efectul stroboscopic poate provoca accidente de muncă deoarece corpurile care se rotesc pot fi percepute ca fiind în repaus, sau în rotaţie cu o altă viteză de cît aceea pe care o au efectiv.

Micşorarea pîlpîirilor lămpilor fluorescente, se poate face montînd cîte trei lămpi într-un corp de iluminat comun, fiecare lampă fiind alimentată la o fază diferită a unui sistem trifazat. Acest mijloc reduce oscilaţia fluxului luminos pînă la 5 %. Un alt mijloc îl constituie cunoscutul montaj „duo" în care două lămpi sînt montate într-un corp de iluminat comun, fiind alimentate la aceeaşi fază. Una din lămpi este prevăzută numai cu o bobină de şoc, care produce un decalaj în urmă a curentului faţă de tensiune, iar cea de a doua lampă este prevăzută cu un condensator de 3 — 4 μF conectat în serie cu bobina de şoc şi lampa. La cea de a doua lampă, curentul este decalat înainte faţă de tensiune. Pe lîngă reducerea pîlpîirii, sistemul „duo" face ca ansamblul celor două lămpi să capete un factor de putere foarte favorabil, $\cos \varphi \cong 0{,}95$.

În sfîrşit pîlpîirea se poate micşora şi prin amestecarea intimă a luminii fluorescente cu lumina unor lămpi cu incandescenţă.

Sistemele descrise mai sus, nu înlătură însă variaţiile mai lente ale fluxului luminos (50 per/s) care apar la capetele lămpii. Corpurile de iluminat, în schimb, care protejează ochiul împotriva luminii directe, înlătură acţiunea neplăcută a acestor variaţii. Acest fapt se datoreşte rolului redus pe care îl joacă fluxul luminos emis de extremităţi, în raport cu fluxul total al lămpilor, astfel încît influenţa negativă apare numai în cazul privirii directe a extremităţilor lămpii.

Este recomandabil totuşi, ca în cazul unui iluminat general localizat sau local cu lămpi fluorescente, capetele tuburilor luminoase să fie ecranate cu un material opac, pe o lungime de circa 4 — 5 cm.

În afară de pîlpîirea propriu-zisă a fluxului luminos, are loc şi o „pîlpîire cromatică". În timpul unui ciclu variază şi culoarea luminii emisă de lămpi şi anume lumina devine mai roşie la trecerea prin zero a curentului. Fenomenul este mai marcat la lămpile "lumina zilei„ variaţia temperaturii de culoare putînd atinge cîteva mii de grade absolute. Pîlpîirea cromatică nu este observabilă cu ochiul liber de cît ca efect stroboscopic (schimbarea culorii la corpurile în mişcare). Remedierea se face prin aceleaşi metode ca cele amintite mai sus.

Strălucirea lămpilor

Un alt defect foarte însemnat al unei instalaţii de iluminat cu lămpi fluorescente, defect des întîlnit în instalaţiile existente la noi în ţară, este acela al montării lămpilor fluorescente goale, expuse direct privirii, fără corpuri de iluminat sau alte mijloace de mascare. De multe ori tocmai această strălucire este cauza obiecţiilor ce se ridică, dar din necunoştiinţă de cauză, vina este atribuită sursei însăşi.

Strălucirea nepotrivită deranjează funcţionarea organului vizual producînd fenomenul de

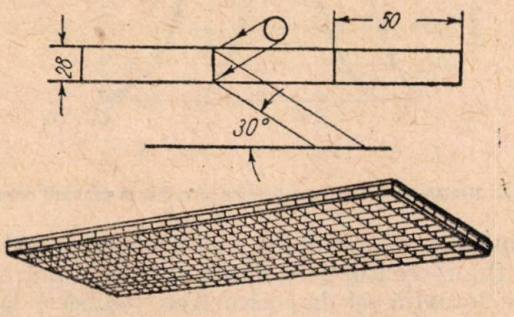


Fig. 3. Grătar de protecţie pentru lămpi fluorescente. Construcţia unui grătar (1225 × 570 × 28 mm).

orbire. Acest fenomen constă în dezechilibrarea mecanismului de adaptare a ochiului, care se produce atunci cînd o parte a cîmpului vizual are o strălucire prea mare în comparaţie cu a restului cîmpului vizual. Fenomenul de orbire se manifestă prin scăderea acuităţii vizuale, jenă vizuală etc.

Deşi au o strălucire relativ redusă (0,4—0,85 stilbi faţă de 150 — 220 stilbi cît au lămpile cu incandescenţă cu balon clar de 60 — 200 W) lămpile fluorescente produc o jenă vizuală bine constatată şi studiată, datorită în special suprafeţei lor luminoase mari. Orbirea produsă de lămpile fluorescente este şi mai accentuată la instalaţiile avînd lămpile fluorescente montate în şiruri lungi, fără ecrane de protecţie. Lămpi fluorescente goale se pot admite doar în poziţii în care sînt în afara cîmpului vizual.

În afară de orbirea directă provocată de lămpi, instalaţia de iluminat mai poate produce o orbire prin contrast atunci cînd în spatele lămpilor fluorescente se găseşte un fond de culoare închisă şi orbire prin reflecţie pe suprafeţe lucioase. Orbirea directă poate fi înlăturată fie prin plasarea lămpilor în afara cîmpului vizual, fie prin aplicarea pe suprafaţa lămpilor a unor difuzoare sau grătare din sticlă mată sau mase plastice, care împiedică privirea directă a sursei.

În fig. 2 se arată principiile de ecranare prin ecran, sticlă difuzantă şi grătar iar în fig. 3 se arată mai detaliat un grătar de protecţie.

O problemă mult studiată în ultimii 10 — 12 ani, în legătură cu iluminatul fluorescent este

problema condiționării strălucirilor într-o încăpere. S-a arătat mai înainte că o instalație de iluminat cu lămpi fluorescente, pentru a fi corespunzătoare, trebuie să producă iluminări mari de ordinul a sute sau chiar mii de lucși. Aceste nivele ridicate de iluminare produc contraste mari de strălucire dacă în cîmpul vizual apar obiecte cu factori de reflecție foarte diferiți (hîrtie albă pe birou cafeniu închis, mînere

Culoarea luminii

Compoziția spectrală a unei lămpi cu incandescență nu poate fi modificată decît prin variația temperaturii filamentului sau prin folosirea unor baloane cu transmisie selectivă. Temperatura filamentului este însă astfel aleasă încît să se realizeze o eficacitate luminoasă maximă, cu o durată convenabilă de viață.

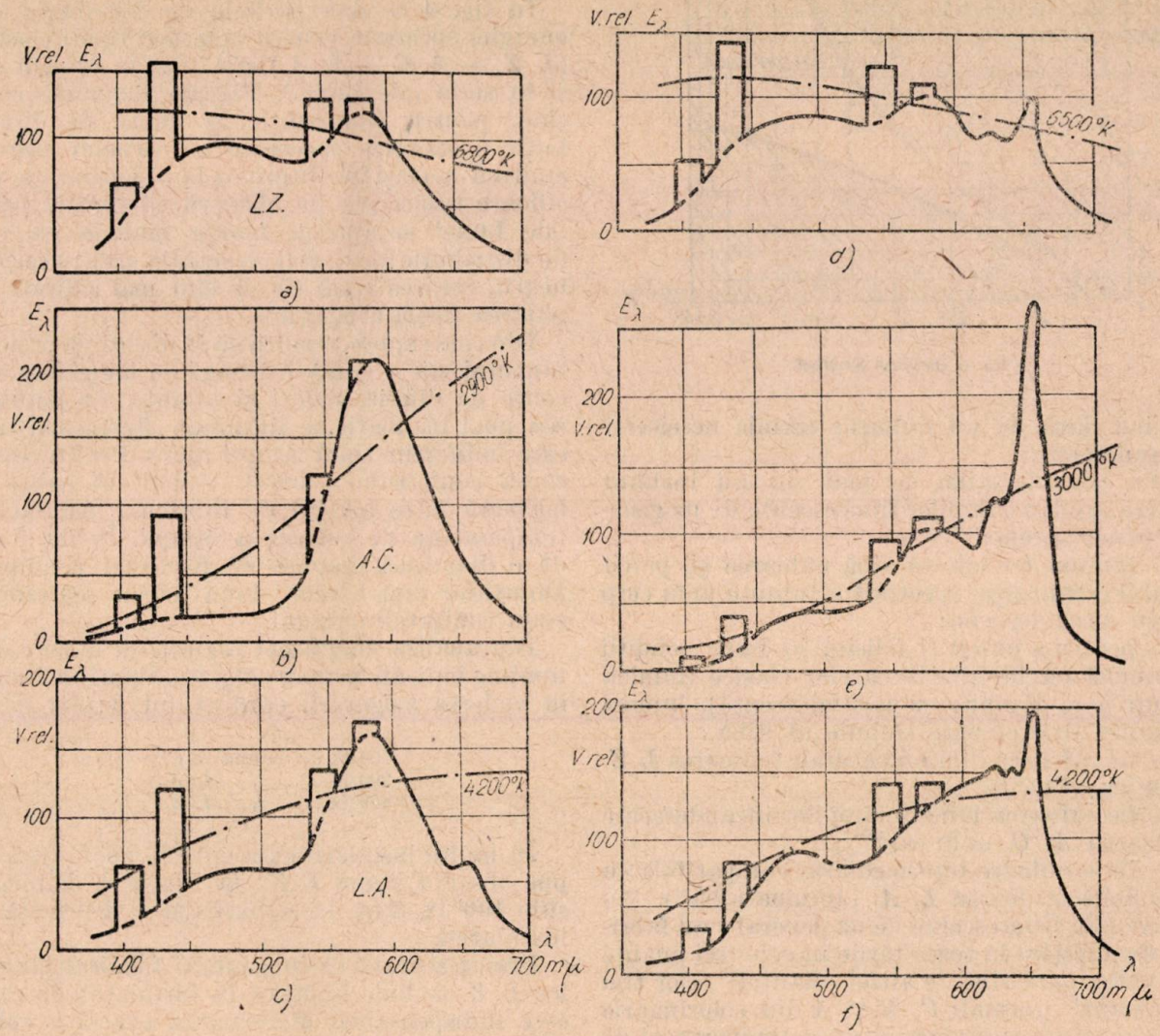


Fig. 4. Curbele de distribuție ale energiei spectrale.

nichelate pe mașini cenușii închise etc.). Acest lucru apare clar dacă se examinează expresia strălucirii reflectate pentru o suprafață difuzantă:

$$B_{refl.} = E\rho$$

în care B este valoarea strălucirii reflectate în cd/m², E valoarea iluminării suprafeței respective în lucși, iar ρ factorul ei de reflecție.

În cazul unor contraste de strălucire care întrec valoarea de 1/10, ochiul trebuie să facă eforturi continue pentru a se adapta, deoarece nu există posibilitatea de adaptare la o strălucire medie, ceea ce obosește atît ochiul cît și centrii corticali ai vederii.

De aceea, practic, la lămpile cu incandescență cu durată normală, compoziția spectrală nu se poate schimba decît în limite aproape insensibile. Folosirea de baloane cu transmisie selectivă (becuri solare de pildă) este o soluție neeconomică, deoarece conduce la o micșorare importantă a eficacității luminoase.

Cu totul alta este situația la lămpile fluorescente. La acestea, modificarea spectrului se poate obține prin modificarea compoziției luminoforului.

Problema culorii celei mai potrivite a unui izvor de lumină a început să fie studiată în legătură cu iluminatul fluorescent. Concluziile

principale ce s-au desprins din acest studiu au fost următoarele :

— nu există în general culori mai avantajoase decît altele ;

— pentru distingerea unui număr mare de culori, este necesară lumina albă, adică practic

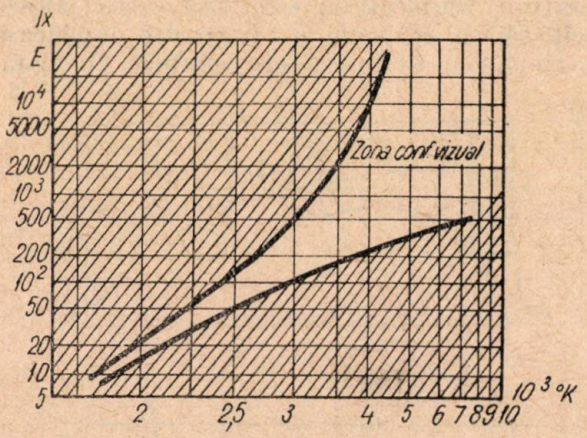


Fig. 5. Diagrama Kruithof.

lumina dată de un radiator termic neselectiv incandescent.

Din consideraţiile de mai sus au rezultat pentru lumina lămpilor fluorescente de uz general următoarele :

— lumina trebuie să aibă culoarea şi, pe cît posibil compoziţia spectrală a luminii unui corp negru incandescent ;

— pentru a putea fi folisită în bune condiţii împreună cu lumina izvoarelor clasice (lumina naturală şi lămpile cu incandescenţă), lumina lămpilor fluorescente trebuie să aibă :

— fie culoarea luminii naturale (culoarea *L. Z.* „lumina zilei") ;

— fie culoarea luminii lămpilor incandescente (culoarea *A. C.* „alb cald") ;

— fie o culoare intermediară, compatibilă cu amîndouă (culoarea *L. A.* „lumina albă").

Lămpile fluorescente de uz general s-au fabricat deci iniţial în toate ţările în cele trei nuanţe amintite, care sînt de altfel nuanţele celor trei iluminanţi normali *C*, *B*, şi *A* din colorimetrie corespunzînd aproximativ unor temperaturi de culoare de :

6 500° K	(*L. Z.*)
3 000° K	(*A. C*).
4 500° K	(*L. A.*).

Ulterior (după 1947 în Europa) s-au creat aproape în toate ţările lămpi de culori intermediare. Gama actuală a culorilor lămpilor fluorescente este (în funcţie şi de întreprinderea producătoare) :

lumina zilei	(*L. Z.*)	6 500 ... 6 800° K
alb rece	(*A. R.*)	4 000 ... 4 850° K
lumină albă	(*L. A.*)	3 500° K
alb cald	(*A. C.*)	2 700 ... 2 900° K.

Lămpile *A. C.* (Warm White, Soft White) fabricate în S.U.A. au o culoare destul de depărtată de a corpului negru, astfel încît nu li s-a atribuit nici o temperatură de culoare.

După 1950, au apărut în multe ţări, pe lîngă lămpile seriei curente, o serie suplimentară de lămpi, aşa numitele lămpi cu culori „de Luxe" sau „naturale". Lămpile „de Luxe" redau mult mai bine culorile decît lămpile seriei curente, în schimb au o eficacitate luminoasă mai scăzută.

În fig. 4 se dau curbele de distribuţie ale energiei spectrale pentru cele trei tipuri clasice (*L. Z.* — *A. C.* — *L. A.*) atît în seria curentă cît şi în seria „de Luxe". Fiecare diagramă conţine, pentru comparaţie şi curba de distribuţie a energiei spectrale a corpului negru, emiţînd acelaşi flux luminos la temperatura de culoare respectivă. Se observă că curbele seriei „de Luxe" se apropie foarte mult de curbele de distribuţie a energiei spectrale pentru corpul negru, ceea ce arată că ele sînt mai indicate la redarea fidelă a culorilor.

Din cele expuse, rezultă că la dispoziţia proiectantului stă o gamă întreagă de lămpi fluorescente de diferite culori şi nuanţe. La realizarea unei instalaţii de iluminat fluorescent nu este indiferent tipul lămpii alese. Pentru realizarea confortului vizual, trebuie să existe o legătură între nivelul de iluminare realizat şi temperatura de culoare a lămpii. În fig. 5 se dă o diagramă propusă de Kruithof (Philips). Domeniul dintre cele două curbe reprezintă zona confortului vizual.

Din analiza diagramei rezultă că iluminările minime indicate pentru cele trei tipuri de lămpi, în vederea asigurării confortului vizual sînt :

100 lx ...	lampa	*A. C.*
200 lx ...	„	*L. A.*
400 lx ...	„	*L. Z.*

În multe instalaţii existente la noi în ţară se pot observa lămpi *L. Z.*, la nivele de iluminat sub 400 lx, fapt ce constituie o deficienţă a instalaţiei.

Practica arată că în general folosirea lămpilor *L. Z.* trebuie limitată la instalaţiile în care este indispensabilă discernarea exactă a culorilor (industrii şi magazine textile, galerii de pictură etc.), că lămpile *A. C.* sînt cele mai potrivite pentru încăperi cu destinaţie socială (săli de adunări, de spectacole, cluburi, restaurante etc.) şi că pentru restul aplicaţiilor urmează să fie folosite lămpile *L. A.*

În legătură cu culoarea lămpilor fluorescente trebuie semnalată şi următoarea deficienţă posibilă, foarte des întîlnită la instalaţiile existente în ţară la noi : prezenţa simultană sau succesivă în cîmpul vizual al unor lămpi de culori diferite. Din cauza aberaţiei cromatice a ochiului, razele roşii converg mai departe de cristalin decît cele albastre. Ochiul pune la punct pe imaginea formată de razele cu cel mai mare flux luminos. Din această cauză, dacă ochiul

vede simultan două lumini heterocrome (lumină dicroică), el are dificultăţi în punerea la punct şi vederea este jenată, producîndu-se diverse tulburări. Lămpi de culori diferite pot fi folosite în aceeaşi instalaţie, cu condiţia ca luminile lor să fie bine amestecate.

Este interesant de relevat că din cauza aberaţiei cromatice a ochiului, pot fi ridicate obecţii care nu sînt totuşi cauzate de deficienţe ale instalaţiei de iluminat fluorescent. Astfel, un ochi emetrop (cu refracţie normală) devine hipermetrop pentru lungimile de undă mai ridicate (portocaliu, roşu) şi miop pentru lungimile de undă joase (albastru-violet). Rezultă că hipermetropii sînt mai jenaţi decît emetropii, de radiaţiile de mare lungime de undă iar miopii mai jenaţi de cele de scurtă lungime de undă. Acest lucru explică de ce ridică obiecţii cîteodată doar anumite persoane. Cazul cel mai tipic este jena miopilor necorijaţi la lămpile *L. Z.* a căror lumină are o predominanţă de radiaţii de scurtă lungime de undă.

Tot datorită aberaţiei cromatice a ochiului s-au semnalat tulburări provocate de faptul că ochelarii prescrişi la consultaţii în lumina lămpilor cu incandescenţă, nu mai dădeau satisfacţie în lumina lămpilor fluorescente.

Formarea umbrelor

Într-o instalaţie de iluminat, umbrele proprii şi proiectate sînt necesare, deoarece creează plasticitatea obiectelor pe care le privim, permit vederea în adîncime şi evaluarea distanţelor, uşurînd în felul acesta procesul vederii. Iluminatul fără umbre este folosit doar pentru scopuri speciale ca: expoziţie de tablouri, controlul în industria textilă, în atelierele de trasat, în sălile de desen etc.

Lămpile cu incandescenţă formează pe obiecte umbre proprii şi proiectate aşa cum sîntem obişnuiţi de mult cu ele. La iluminatul fluorescent, problema este complicată de faptul că, datorită formei lor tubulare, lămpile fluorescente pot produce umbre de aspecte neobişnuite care provoacă dificultăţi în aprecierea reliefului şi a distanţelor, adică dificultăţi de acomodare. Mecanismul de bombare a cristalinului şi acela de comandă a dirijării ochilor (convergenţa axelor oculare) nu lucrează coordonat, provocînd tulburări de acomodare, în special persoanelor cu tendinţă de strabism. Efectul este accentuat de faptul că, la iluminări mai mari, capacitatea de acomodare a ochiului este mărită şi muşchii cristalinului lucrează mai mult. Deoarece instalaţiile fluorescente realizează iluminări mai puternice urmează că şi oboseala, datorită umbrelor difuze şi poziţiei lor neobişnuite, va fi mai accentuată. Aceasta nu înseamnă că lămpile fluorescente nu pot fi folosite şi în locurile unde este necesară o vedere plastică.

O îmbunătăţire remarcabilă în ceea ce priveşte formarea umbrelor cu lămpi fluorescente, poate fi obţinută cu ajutorul unor ecrane care dirijează fluxul luminos (armături) şi de asemenea printr-o poziţie adecvată şi aşezarea tuburilor în diferite grupe. Problema trebuie studiată de la caz la caz şi proiectantul trebuie să ţină seamă de ea la realizarea unei instalaţii cu lămpi fluorescente.

Instalaţii de iluminat fluorescent în R.P.R.

În R.P.R. iluminatul cu lămpi fluorescente a fost introdus relativ de curînd, începînd din anul 1950, fiind şi astăzi încă destul de puţin răspîndit. Primele instalaţii au fost realizate în săli de expoziţii, magazine centrale, birouri ale unor ministere, sala sporturilor Floreasca etc. Ulterior iluminatul fluorescent a fost extins şi în unele întreprinderi ca de exemplu la: Combinatul poligrafic Casa Scînteii, Radiodifuziune, Banca R.P.R.

În întreprinderi industriale, instalaţiile fluorescente existente în număr redus au în special un caracter experimental, fiind introduse la locuri speciale de muncă.

O bună parte din instalaţiile de iluminat fluorescent au fost proiectate de tehnicieni fără o calificare specială în acest domeniu. Ca o urmare a acestei situaţii, instalaţiile respective nu au dus la îmbunătăţirea aşteptată din punctul de vedere al condiţiilor vizuale, provocînd chiar o serie de obiecţii din partea salariaţilor, ca de exemplu: senzaţia de grăunţe de nisip sub pleoape, dureri de cap, oboseală vizuală, revenirea unor afecţiuni oculare anterioare. Tulburările cu caracter obiectiv au fost constatate

Tabela 2

Locul de muncă	Iluminarea medie oriz. l x (1)	Observaţii
Biroul operaţiuni:		Tuburile montate cîte trei pe o placă metalică orizontală, neprotejate. Înălţimea de montare, 2,5 metri deasupra planului util.
Sala I	45	
Sala II	45	
Contabilitate:		Lămpile montate cîte 10 într-o plafonieră acoperită cu sticlă uşor mătuită. Înălţime de montare 3 m deasupra planului util.
Locul I	36	
Locul II	45	
Locul III	30	

(1) Pe planul util (birouri).

Observaţii generale.

1. Iluminările sînt extrem de scăzute faţă de valoare minimă normată de 300 lx (normativ C.S.A.C. pag. 52).
2. Efectul stroboscopic este marcat. Pilpîirea lămpilor datorită montajului pe aceeaşi fază este vizibilă în cîmpul vizual periferic.
3. Lămpile sînt expuse direct privirii la biroul operaţiuni.
4. Lămpile de diverse culori montate în corpurile de iluminat la întîmplare, aşa cum sosesc din depozit. (La o iluminare medie de 300 lx pe planul util se recomandă pentru realizarea confortului vizual folosirea de lămpi tip A. C.).

de către medici oculiști. Obiecțiile s-au manifestat în mod continuu de la montarea instalațiilor, astfel încît se poate exclude ipoteza unor manifestări cu caracter subiectiv datorită schimbării sistemului de iluminat.

Analiza a două dintre instalațiile mai importante, făcută de către o delegație, a „Comisiei pentru iluminat" a ASIT-ului, a arătat că în aceste instalații nu au fost în general respectate o serie de condiții necesare pentru a nu obosi vederea.

Instalația de iluminat fluorescent de la B. R.P.R *Descrierea sumară a instalației.* Instalația este realizată cu lămpi fluorescente de 20 W, *L. Z.* și *A. C.*, fabricație Tesla și Tungsram, montate între două faze la o rețea de 120/208 V. Sistemul de iluminat este cel general uniform fără iluminat local. Rezultatele măsurătorilor de iluminări sînt date în tabela 2.

Instalația de iluminat fluorescent de la Combinatul poligrafic Casa Scînteii. *Descrierea sumară a instalației.* Instalația este realizată cu tuburi fluorescente Tesla și Tungsram de 40 W, culorile alb, alb rece și alb cald, legate pe aceeași fază a rețelei, la o rețea de 380/220 V. Rezultatele măsurătorilor de iluminări sînt date în tabela 3

Tabela 3

Locul de muncă	Iluminarea medie oriz. lx.	Observații
Culegere manuală		
Sala I	300	Iluminat, combinat. Șiruri luminoase longitudinale pe plafon, plus iluminat local fluorescent prin două tuburi ecranate, la 0,7 m de planul util.
Sala II	160	
Sala linotipurilor		
Sala I	75	Iluminat general prin șiruri luminoase. Pe claviatura linotipurilor iluminat local incandescent.
Sala II	130	
Paginație		
Sala I	110	Iluminat general ca mai sus. Iluminat local fluorescent prin lămpi neprotejate.
Sala II	340	
Sala monotaste		
Sala I	100	Luminat general cu corpuri de iluminat avînd cîte trei lămpi.
Sala II	72	Pe claviatura monotastelor s-a măsurat iluminarea la 45°.
Sala monotipuri		
Sala I	100	Iluminat general ca mai sus.
Sala II	130	Pe claviatură iluminat local incandescent.
Gravură	630	Iluminat local fluorescent prin două tuburi montate la 0,6 m de cilindrii de gravat.

Observații generale:

1. Iluminările realizate reprezintă aproximativ 50 % din cele minime prescrise de normativul C.S.A.C.
2. Pilpîirea lămpilor nu este observabilă cu ochiul liber.
3. În unele locuri de muncă lămpile de iluminat local sînt expuse direct priviriii
4. Tuburile de diverse culori sînt montate la întîmplare.

În general instalația de la Casa Scînteii este mult mai satisfăcătoare decît cea de la Banca R.P.R. fără a îndeplini însă condițiile optime prescrise. De altfel la Combinatul poligrafic Casa Scînteii obiecțiile sînt mult mai puțin numeroase decît la Banca R.P.R.

În ambele instituții întreținerea instalațiilor de iluminat fluorescent lasă mult de dorit, lă mpile și starterele defecte nefiind înlocuite la timp.

Instalații cu caracter experimental

Institutul de cercetări științifice pentru protecția muncii a studiat problema introducerii iluminatului fluorescent la locurile de muncă cu strălucire reflectată, din industrie. S-au realizat instalații experimentale în următoarele locuri de muncă:

1) Secția de lustruit mobilă a fabricii, IPROFIL „Mobila Populară" București.

2) Secția de croit piele a fabricii de încălțăminte „Nikos Beloianis" Timișoara.

3) Secția de control a rulmenților de la Uzina „Steagul Roșu", Orașul Stalin.

4) Standul de verificat osii și roți de la „Complexul Grivița Roșie" C.F.R.

Toate secțiile mai sus citate au ca o caracteristică comună faptul că se prelucrează suprafețe lucioase, care produc o strălucire reflectată supărătoare în cazul sistemului de iluminat cu lămpi incandescente.

Instalațiile experimentale cu lămpi fluorescente au fost realizate respectîndu-se toate cerințele necesare creerii unui iluminat fluorescent eficace. Astfel, au fost produse iluminările normate, utilizîndu-se tuburi avînd o temperatură de culoare corespunzătoare nivelului respectiv de iluminare. De asemenea, prin montaj, s-a înlăturat pîlpîirea lămpilor.

Rezultatele au fost pozitive, constatîndu-se de către specialiștii Institutului și de către medici oculiști o creștere a calității produselor și o scădere accentuată a oboselii vizuale.

Concluzii

Din cele expuse, rezultă că toate obiecțiile ridicate împotriva iluminatului fluorescent se datoresc exclusiv deficiențelor ivite din necunoașterea caracteristicilor acestui gen de iluminat. O instalație de iluminat cu lămpi fluorescente, realizată după toate prescripțiile tehnice, constituie un sistem optim de iluminare a locurilor de muncă, contribuind la îmbunătățirea igienei, productivității și calității muncii.

În încheierea articolului vom menționa rezultatele cîtorva anchete efectuate în legătură cu iluminatul fluorescent. Concluziile unei anchete efectuate de o comisie elvețiană (publicată în Bull. ASE 1946 nr. 14) arată că pericolul radiațiilor ultraviolete este inexistent și că toate obiecțiile semnalate se datoresc unor defecte remediabile a instalațiilor respective.

O comisie specială a Comitetului internațional al iluminatului a prezentat la sesiunea din 1951 (Stockholm) a C.I.I. un referat privind folosirea iluminatului fluorescent în școlile din mai multe țări, arătînd că acest iluminat a dat deplină satisfacție cînd instalațiile au fost corect executate.

La o mare întreprindere din S.U.A. iluminatul cu lămpi incandescente, cu o iluminare medie de 80 lx a fost înlocuit cu iluminat fluorescent producînd o iluminare medie de 700 lx. O parte din lămpi au fost prevăzute, fără știrea muncitorilor, cu filtre ce absorbeau complet ultravioletul. Plîngerile muncitorilor în privința iluminatului au evoluat în modul indicat în tabela 4

Tabela 4

	Lămpi incandescente 80 lx	Lămpi fluorescente 700 lx cu filtre	Lămpi fluorescente 700 lx fără filtre
Proporția muncitorilor care s-au plîns de oboseală vizuală, %	73	45	43
Proporția muncitorilor care s-au plîns de dureri de cap, %	48	27	29

Rezultă că iluminatul fluorescent este mai apreciat decît cel cu lămpi cu incandescență și că emisia de radiații ultraviolete nu joacă nici un rol.

Anchetele sovietice făcute în ultimii ani au arătat că muncitorii apreciază totdeauna pozitiv introducerea iluminatului fluorescent, după trecerea primelor zile de adaptare și că se opun revenirii la iluminatul cu lămpi cu incandescență.

O anchetă foarte recentă a unei comisii a Ministerului Educației Naționale din Franța, asupra iluminatului fluorescent în școli, a arătat că el poate fi folosit fără nici o grijă dacă sînt eliminate pîlpîirea, efectele de orbire și compoziția spectrală prea bogată în radiații cu mică lungime de undă.

În sfîrșit mulți autori atribuie chiar luminii lămpilor fluorescente o acțiune fiziologică pozitivă.

Bibliografie

[1] *Hermans R.*: Effets physiologique de l'éclairage fluorescent, Rev. techn. luxemb., (1952) 2, p. 89—94.

[2] *Schober H.*: Uber die vermeintlichen Sehbeschwerden beim Licht der Leuchstofflampen, Lichttechn, 6 (1954) 6, p. 215—218.

[3] *Schober H.*: Die Wirkung des Leuchtstofflampenlichtes auf den Menschen, V. D. I.—Z., 98 (1956) 34, p. 1875—1881.

[4] *Lauzun Gr.*: Pour ou contre l'éclairage fluorescent Sc. et Vie (1957), febr., p. 107—109.

[5] *Zilber D. A.*: Eficacitatea iluminatului fluorescent din punct de vedere igienic, Ghigh. i. sanit. (1955) 2, tradus de I.S.R.S., dosar trad. nr. 269, 195 (A).

[6] * * *: Ist Leuchtstofflicht gesundheitsschädlich? Lichttechn., 5 (1953) 10, p. 323—324.

[7] *Marciniak S.*: Lumina lămpilor fluorescente, Ochr. Pracy. (1953) 3, p. 74—77 și 4, 117—121.

[8] *Le Grand Y.*: Recherches concernant l'action sur l'œil des radiations ultraviolette, Cah. centre sc. techn. batim. 8 (1950) 84, p. 9—14.

[9] *Rohner E.*: Das Farbflimmern von Leuchtstofflampen, Bull. ASE 43 (1952) 25, p. 1038—1041.

[10] *Segal I.*: Effets de fatigue provoqués par l'éclairage fluorescent, Lab. centre sc. tehn. batim., 8 (1950) 84, p. 1—8.

[11] *Dejardin G.* și *Falgon R.*: Le papillotement des lampes à fluorescence, Cah. de notes docum. (1957) 7, p. 34—37.

[12] *Svihalek I.*: Lămpile cu luminescență-fluorescență sînt dăunătoare ochilor? Energetica (1955) 8, p. 306—310.

[13] * * * Toxicité des lampes fluorescentes brisée, Bull. ASE, 40 (1949) 26.

[14] *Cohu M.*: Rayonnement, photometrie, éclairage, Gauthiers-Villars, Paris, 1949.

[15] *Cusquel, Givelet, Welzel*: L'éclairage par fluorescence et electroluminiscence, Dunod, Paris, 1954.

[16] *Köhler W.*: Lichttechnik. Helios-Verlag GmbH, Berlin, 1952.

[17] *Nell W.* și *Neumann E.*: Beleuchtungstechnik mit Leuchtstofflampen und Leuchtröhren, Fachbuchverlag GmbH, Leipzig, 1952.

Metodă de proiectare a lămpilor cu incandescenţă umplute cu gaze inerte

RADU GRIGOROVICI şi *ALEXANDRU ROTH* — Bucureşti*)

Autorii expun o metodă de proiectare a lămpilor cu incandescenţă (speciale) ale căror caracteristici diferă de cele ale lămpilor fabricate în mare serie (normale). Avantajul metodei constă în faptul că ea foloseşte drept bază experienţa bogată dobîndită chiar de întreprinderea proiectantă asupra lămpilor produse în mare serie şi reflectă în felul acesta nivelul tehnic real al fabricaţiei. Metoda permite în acelaşi timp să se pornească în proiectare de la diferite date de bază ale lămpii speciale ca: eficacitate luminoasă, durată sau temperatură a filamentului.

CZ 621.326.72.032.18

1. Scopul lucrării

Întreprinderile producătoare de lămpi cu incandescenţă posedă în general o bogată experienţă în construirea lămpilor aşa zise *normale*, cu tensiuni de alimentare standardizate şi cu durată medie de 1 000 ore. Adeseori se pune însă problema proiectării unor lămpi, care se deosebesc de cele normale prin aceea că li se cere fie altă eficacitate luminoasă, fie altă durată, fie altă temperatură a corpului incandescent, construcţia lămpii fiind de altfel similară cu cea a lămpilor normale. Astfel de lămpi sînt, de exemplu, lămpile de proiecţie, de lungă durată, cele pentru radiaţii infraroşii etc. Uneori lămpile acestea comportă şi deosebiri constructive faţă de cele normale, deosebiri care antrenează modificări în valoarea fluxului luminos sau a duratei (folosirea de baloane oglindate sau mate, folosirea altui gaz de umplere). În aceste cazuri se poate evalua în general uşor eficacitatea luminoasă sau durata pe care ar avea-o lampa în absenţa modificării constructive respective.

Se pune deci problema ca, pornind de la formulele de proiectare pentru lămpile cu incandescenţă normale folosite de întreprinderea producătoare — formule care reflectă prin constantele lor nivelul tehnic la care lucrează întreprinderea — să se obţină formulele de proiectare pentru lămpi speciale cu o eficacitate luminoasă, o durată sau o temperatură a filamentului diferite de cea a lămpilor normale, puterile şi tensiunile de alimentare fiind şi ele normalizate şi cunoscute.

Ne vom ocupa în cele ce urmează exclusiv de lămpile umplute cu gaze inerte, cu tensiuni de alimentare între 110—230 V, pentru care rezolvarea problemei prezintă un interes practic important. Calculul lămpilor cu vid a fost tratat într-o lucrare anterioară [1].

2. Principiul procedeului de calcul

Vom considera mai întîi cazul cînd se cere proiectarea unei lămpi „speciale" cu o eficacitate luminoasă η_2, care alimentată la tensiunea U, să consume o putere P_2, fiind deci parcursă de un curent de intensitate $I_2 = P_2/U$.

Se caută lampa „normală" — deci cu durată medie de 1 000 ore care să aibă aceeaşi tensiune de alimentare U şi acelaşi diametru d al firului de wolfram, dar evident altă putere P_1 deci alt curent $I_1 = P_1/U$ şi altă eficacitate luminoasă η_1. Aceste două lămpi le vom numi *corespondente*. Fie l_1 şi l_2 lungimile firului de wolfram în lămpile corespondente, iar T_1 şi T_2 temperaturile respective.

Admiţînd că în limitele în care ne îndepărtăm de la construcţia lămpilor normale, toate modificările suferite de mărimile caracteristice $x, y, z \ldots$ legate între ele pot fi reprezentate prin funcţii de forma :

$$\frac{x}{x_0} = \left(\frac{y}{y_0}\right)^a = \left(\frac{z}{z_0}\right)^b \ldots,$$

putem obţine uşor următoarele relaţii între P, l, T şi η ale lămpilor corespondente (vezi anexa 1):

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{l_1}{l_2} \cdot \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^p, \tag{1}$$

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^q, \tag{2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{\eta_1}{\eta_2}\right)^\varkappa, \tag{3}$$

unde p şi q sînt constantele care vor trebui determinate, iar $\varkappa$ este dat de relaţia :

$$\varkappa = \frac{p - 1{,}2}{2q}. \tag{4}$$

Ne mai rămîne să găsim valoarea, încă necunoscută a puterii P_1 a lămpii normale corespondente. În anexa 2 se arată că între P_1 şi P_2 există relaţia :

$$P_1 = \left(\frac{a}{\eta_2}\right)^{\frac{\varkappa}{1-\varkappa b}} \cdot P_2^{\frac{1}{1-\varkappa b}} \tag{5}$$

unde a şi b sînt constante care rezultă din datele statistice ale performanţelor lămpilor normale.

3. Formulele de proiectare în funcţie de I_2 şi η_2

Formulele fundamentale de proiectare ale unei lămpi cu incandescenţă trebuie să permită calculul diametrului d şi al lungimii l a firului de wolfram.

*) Ing. R. Grigorovici este conferenţiar la Facultatea de Matematică şi Fizică. Ing. A. Roth este şeful serviciului tehnic la fabrica „Electrofar".

La lămpile „normale" ele sînt de forma :

$$d = c_1 \cdot I_1^{2/3} \tag{6}$$

şi

$$\frac{l_1}{U} = c_2 \cdot I_1^{1/3} \tag{7}$$

unde c_1 şi c_2 sînt constante care depind de calitatea firului, modul de spiralizare, de temperatură, de gazul de umplere şi în mai mică măsură de felul montării spiralei în lampă.

Vom căuta prin urmare să obţinem relaţii similare, de forma $d = f_1(I_2, \eta_2)$ şi $l_2/U = f_2(I_2, \eta_2)$. În acest scop scriem că la aceeaşi tensiune de alimentare U, intensităţile de curent şi puterile sînt în acelaşi raport în lămpile corespondente :

$$I_1 = I_2 \frac{P_1}{P_2} \cdot \tag{8}$$

Eliminarea lui η_1, I_1 şi P_1 din relaţiile (5), (6) şi (8) (anexa 3) duce la prima formulă de proiectare :

$$\boxed{d = c_1 \cdot B^v \frac{I_2^x}{\eta_2^y} = c_1 \cdot \left[\left(\frac{B}{\eta_2}\right)^{\varkappa} I_2\right]^x,} \tag{9}$$

unde

$$x = \frac{2}{3}\frac{1}{1-\varkappa b} \tag{10}$$

şi

$$y = \frac{2}{3}\frac{\varkappa}{1-\varkappa b} = \varkappa \cdot x. \tag{11}$$

Pentru obţinerea celeilalte formule de proiectare plecăm de la relaţia (2,1) din anexa 1, adaptată lămpii „speciale" :

$$P_2 = U \cdot I_2 = c \cdot d \cdot l_2 \cdot T_2^p \tag{12}$$

din care obţinem — cum se arată în anexa 4 — relaţia :

$$\boxed{\frac{l_2}{U} = c_2 B^v \frac{I_2^u}{\eta_2^v}} \tag{13}$$

unde

$$v = \frac{\varkappa}{1-\varkappa b}\left(\frac{p}{\varkappa q} - \frac{2}{3}\right) \tag{14}$$

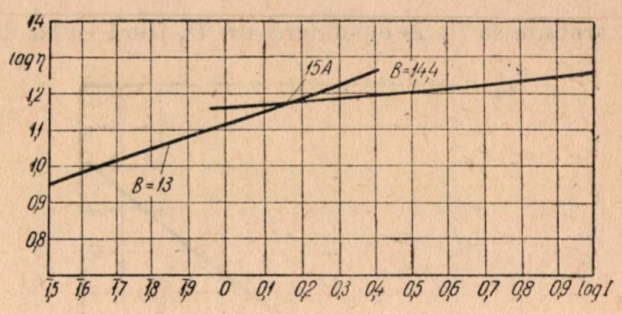
şi

$$u = 1 - \frac{1}{1-\varkappa b}\left(\frac{2}{3} - b\frac{p}{q}\right). \tag{15}$$

4. Determinarea valorilor constantelor pentru proiectarea lămpilor speciale cu spirale simple

a) **Constantele** B şi b rezultă din reprezentarea grafică a relaţiei (1, 2) pe baza datelor numerice din N. I. 59—52 (fig. 1). Pe de altă parte ştim că se realizează o durată medie de circa 1 000 ore şi o depăşire a eficacităţii luminoase medii — faţă de cea normată cu circa 15 %. Aceasta înseamnă că constanta B rezultată din fig. 1 trebuie amplificată cu factorul 1,15.

Se constată că punctele rezultate din normă se aşază suficient de bine pe *două* drepte, care



*) pe figură se va citi 1,5 A

Fig. 1. Eficacitatea luminoasă a lămpilor cu incandescenţă normale (cu durata medie de 1 000 ore) în funcţie de intensitatea curentului nominal conform N.I. 59—52.

se întretaie la circa $I_1 = 1{,}5$ A. Împărţim astfel lămpile în două categorii :

lămpi mici cu $I_1 < 1{,}5$ A ; $b = 0{,}310$; $B = 1{,}15.\ 13{,}05 = 15{,}0$

lămpi mari cu $I_1 > 1{,}5$ A ; $b = 0{,}104$; $B = 1{,}15.14{,}45 = 16{,}5$.

b) **Constanta** p. Ştiind că la lămpile cu gaz cu spirală simplă circa 70 % din energie este radiată, iar restul se pierde prin convecţie şi conducţie, putem scrie că raportul dintre puterea P disipată la o temperatură T şi puterea P_0 disipată la o temperatură T_0 este dată de relaţia :

$$\frac{P}{P_0} = 0{,}7\left(\frac{T}{T_0}\right)^{4{,}7} + 0{,}3\frac{T}{T_0} \cdot \tag{16}$$

Într-adevăr, puterea radiată de wolfram la diferite temperaturi creşte cu $T^{4.7}$ [2] în timp ce pierderile prin convecţie şi conducţie sînt proporţionale cu T.

În acelaşi timp pentru una şi aceeaşi lampă rezultă din relaţia (2,1) :

$$\frac{P}{P_0} = \left(\frac{T}{T_0}\right)^p. \tag{17}$$

Reprezentînd deci în scară dublu logaritmică P/P_0 calculat după relaţia (16) în funcţie de T/T_0 se obţine graficul din fig. 2. Panta la origine ne dă valoarea lui $p = 3{,}97$.

c) **Constantele** q şi $\varkappa$. Dacă considerăm una şi aceeaşi lampă cu acelaşi diametru de fir d şi aceeaşi lungime de fir l_2, şi variem tensiunea de alimentare U, se înregistrează variaţii ale intensităţii I_2 a curentului şi ale eficacităţii luminoase η_2. Aceste variaţii sînt funcţii de U, care au [3] forma :

$$I_2 = k_1 \cdot U^t \quad \text{şi} \quad \eta_2 = k_2 \cdot U^g$$

Valorile constantelor t şi g sînt :

pentru lămpi mici $t = 0{,}53$ $\quad g = 2{,}14$

pentru lămpi mari $t = 0{,}54$ $\quad g = 1{,}93$.

Produsul $l_2 \cdot d$ rezultat din înmulțirea relațiilor (9) și (13)

$$l_2 \cdot d = c_1 \cdot c_2 \cdot B^{v+u} \frac{I_2^{x+v}}{\eta_2^{y+u}} \cdot U = K \cdot U^{1+t(x+u)-g(y+v)}$$

trebuie să fie independent de U, fiind vorba de

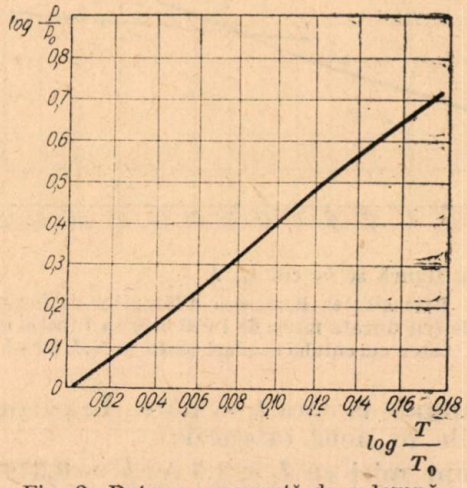


Fig. 2. Puterea consumată de o lampă cu incandescență cu gaz în funcție de temperatura filamentului.

una și aceeași lampă. Deci suma exponenților lui U trebuie să fie nulă:

$$1 + t(x + u) - g(y + v) = 0. \qquad (18)$$

Din rezolvarea ecuației (18) și înlocuirea constantelor x, y, u, și v cu valorile lor din relațiile (10), (11), (14), (15) și (4), rezultă valorile numerice:

pentru lămpi mici $x = 0{,}249$ și $q = 5{,}56$
pentru lămpi mari $x = 0{,}279$ și $q = 4{,}96$.

d) **Verificarea experimentală a constantei** x. Construind o serie de lămpi prevăzute cu fire de wolfram de același diametru d, dar de diferite lungimi l_2 și alimentîndu-le sub tensiune U constantă rezultă din (9) că:

$$\frac{I_2^x}{\eta_2^y} = \text{const.} \qquad (19)$$

Într-adevăr B este o constantă pentru o calitate dată a fabricației, iar relația (9) este dedusă în ipoteza că lămpile corespondente sînt alimentate la aceeași tensiune U [vezi relația (8)].

Prin urmare pentru această serie de lămpi putem scrie, dacă ținem seama de relațiile (10) și (11):

$$I_2 = \text{const.}\ \eta_2^{y/x} = \text{const.}\ \eta_2^{x}$$

sau

$$\log I_2 = \log.\ \text{const.} + x \log \eta_2. \qquad (20)$$

Într-o reprezentare dublu logaritmică, fig. 3, funcția $I_2 = f(\eta_2)$ trebuie să poată fi reprezentată de drepte cu panta x. Se vede din fig. 3 că punctele experimentale stau destul de bine pe dreptele cu pantă 0,250 și 0,265.

Aceste determinări constituie deci o verificare a procedeului nostru de calcul.

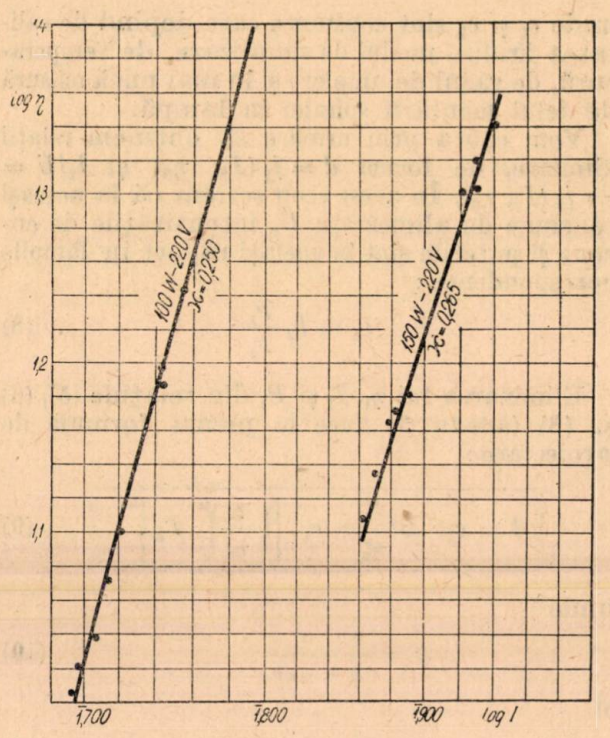


Fig. 3. Eficacitatea luminoasă a lămpilor cu incandescență cu gaz cu filamente de același diametru și diferite lungimi alimentate la aceeași tensiune în funcție de intensitatea curentului care le străbate.

5. Durata lămpilor „speciale"

Rămîne să mai stabilim care va fi durata D a unei lămpi „speciale" care are o eficacitate luminoasă η_2. Pentru un curent de intensitate I_2 și o tensiune de alimentare U — comparînd lămpi de aceeași putere alimentate la aceeași tensiune, obținem conform anexei 5:

$$\frac{\eta}{\eta_1} = \left(\frac{D}{1000}\right)^A \qquad (21)$$

unde

$$A = -\frac{p/z}{v + (1 + 1{,}34\ p/z)\, y}. \qquad (22)$$

Firește lămpile comparate *nu sînt corespondente*; ele sînt lămpi de aceeași putere la aceeași tensiune și relațiile (21) și (22) folosesc numai pentru calculul duratei lămpii „speciale" nu și pentru proiectarea ei.

Calculul numeric dă pentru A valorile:
pentru lămpi mici $A = -0{,}119$
pentru lămpi mari $A = -0{,}112$
deci aproximativ $A = -0{,}11$.

Această relaţie este verificată de datele de catalog ale marilor întreprinderi producătoare de lămpi cu incandescenţă, cum arată fig. 4.

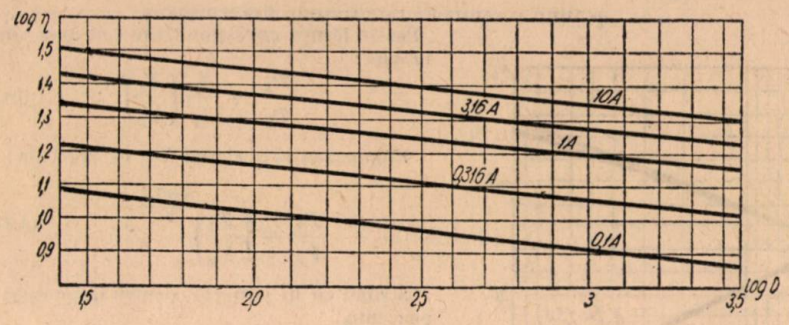


Fig. 4. Eficacitatea luminoasă a lămpilor cu incandescenţă speciale în funcţie de durata lor medie la intensitate de curent constantă (după date de catalog).

6. Formulele de proiectare în funcţie de I_2 şi D_2

Pentru lămpi corespondente se obţine uşor (vezi anexa 6) o relaţie între eficacităţile luminoase şi duratele lămpii speciale şi a celei normale.

$$\frac{\eta_2}{\eta_1} = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^C \tag{23}$$

unde

$$C = -\frac{q}{z - \frac{p}{3} + 0{,}4}. \tag{24}$$

Valorile lui C sînt:
pentru lămpi mici $C = 0{,}136$
pentru lămpi mari $C = 0{,}132$.

Relaţiile (23) şi (24) permit înlocuirea în relaţiile de proiectare a eficacităţii luminoase η_2 a lămpii speciale cu durata ei D_2.

Se obţin astfel (vezi anexa 7) relaţiile de proiectare în funcţie de I_2 şi D_2:

$$\boxed{d = c_1 I^{2/3} \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^{-F}} \tag{25}$$

unde

$$F = \frac{2}{3} C \varkappa \tag{26}$$

pentru lămpi mici $F = -0{,}0226$
pentru lămpi mari $F = -0{,}0245$

şi

$$\boxed{\frac{l_2}{U} = c_2 \cdot I_2^{1/3} \cdot \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^{-G}} \tag{27}$$

unde

$$G = C\left(\frac{p}{q} - \frac{2}{3}\varkappa\right) \tag{28}$$

pentru lămpi mici $G = -0{,}075$
pentru lămpi mari $G = -0{,}081$.

D_1 reprezintă, firește, durata medie a lămpilor „normale" realizate în condiţiile date de fabricaţie.

7. Formulele de proiectare în funcţie de I_2 şi T_2

Pentru lămpi corespondente rezultă din înlocuirea eficacităţii luminoase cu temperatura ca bază a proiectării (vezi anexa 8) relaţiile:

$$\boxed{d = c_1 \cdot I_2^{2/3} \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^M} \tag{29}$$

unde

$$M = \frac{2}{3} \varkappa q. \tag{30}$$

Pentru toate lămpile $M = 0{,}92$

şi

$$\frac{l_2}{U} = c_2 \cdot I_2^{1/3} \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^N \tag{31}$$

unde

$$N = \frac{2}{3} p + 0{,}4. \tag{32}$$

Pentru toate lămpile $N = 3{,}05$.

În aceste relaţii T_1 este temperatura reală a lămpii normale corespondente realizată în aceleaşi condiţii de fabricaţie.

8. Aplicaţie

Din relaţiile (9) (13) (25) şi (27) rezultă pentru proiectarea lămpilor de eficacităţi şi durate cerute (oarecare) relaţiile practice de calcul:

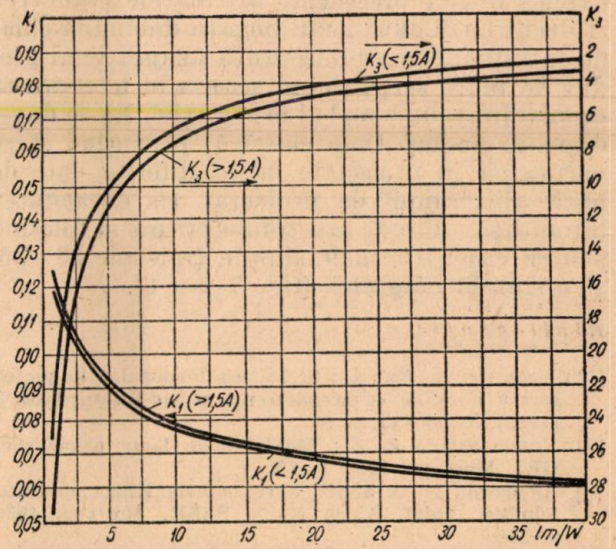


Fig. 5. Valorile constantelor K_1 şi K_3 pentru proiectare lămpilor cu incandescenţă cu gaze speciale, mici ($I < 1{,}5$ A. şi mari ($I > 1{,}5$ A) în funcţie de eficacitatea luminoasă a lămpilor

Pentru lămpile mici:

$$d = K_1 \cdot I^{0{,}722} = K_2 \cdot I^{0{,}666} \tag{33}$$

$$\frac{l_2}{U} = K_3 \cdot I^{0{,}521} = K_4 \cdot I^{0{,}333}. \tag{34}$$

Pentru lămpile mari:

$$d = K_1 \cdot I^{0,688} = K_2 \cdot I^{0,666} \tag{35}$$

$$\frac{l_2}{U} = K_3 \cdot I^{0,400} = K_4 \cdot I^{0,333} \cdot \tag{36}$$

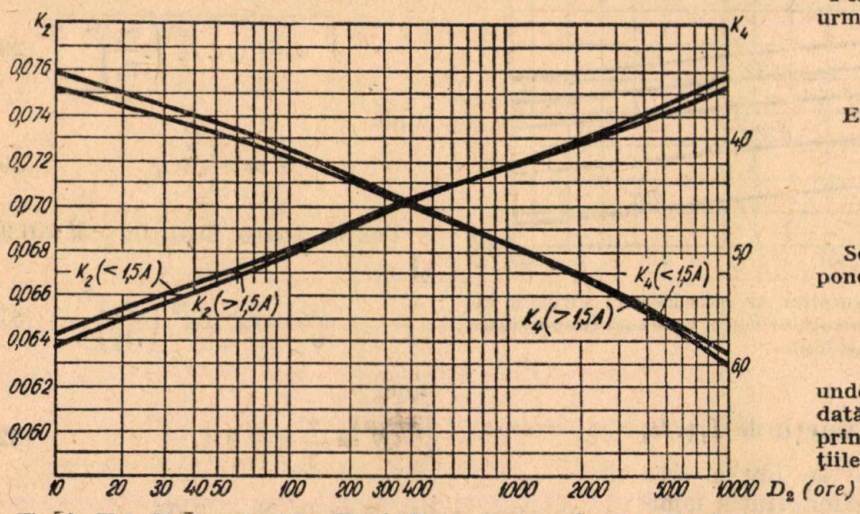


Fig. 6. Valorile constantelor K_2 și K_4 pentru proiectarea lămpilor cu incandescență cu gaze speciale, mici ($I<1,5$ A) și mari $I>1,5$ A în funcție de eficacitatea luminoasă a lămpilor.

Valorile numerice ale constantelor K_1, K_2, K_3 K_4 rezultă din fig. 5 și 6 în funcție de eficacitatea luminoasă sau durata cerută lămpii.

9. Încheiere

Metoda de proiectare elaborată de noi și expusă în cele precedente are marele avantaj că ia drept bază experiența bogată dobîndită chiar de întreprinderea proiectantă asupra unui produs de mare serie, ținînd seama în felul acesta de nivelul tehnic real al fabricației. Ea se dovedește în același timp elastică, permițînd să se pornească în proiectare de la diferite date de bază ale lămpii de proiectat ca eficacitatea luminoasă, durată sau temperatură și folosind pentru calcul formule simple (relațiile 33—36) și o simplă diagramă (fig 5 sau 6).

Bibliografie

[1] *Grigorovici R., Roth A.*: Stabilirea formulelor de proiectare a lămpilor cu incandescență în vid Electricitatea 3, (1952),nr. 11—12, p. 26.

[2] *Vosnesenskaia Z. S.*: Elektriceskie lamp nakalivania, GEI, Moscova, 1953, p. 65.

[3] Akademia Nauk SSSR, Spravocinaia Kniga po svetotehnike, Izdat. Akad. Nauk SSSR, Moscova, 1956, p. 319.

ANEXA 1

Puterea P a lămpii este dată de relația:

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{\pi d^2 U^2}{4\rho_0 l T^{1,2}}$$

unde ρ_0 este o constantă care caracterizează rezistivitatea wolframului. Deci puterile a două lămpi corespondente (adică fir de același diametru d și alimentate la aceeași tensiune U) sînt în raportul

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{l_2}{l_1}\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{1,2}. \tag{1,1}$$

Pe de altă parte puterea consumată este disipată în primul rînd de suprafața firului prin radiație și conducție, astfel încît putem scrie:

$$P = c \cdot d \cdot l\, T^p \tag{2,1}$$

p fiind o constantă care trebuie determinată.

Pentru lămpi corespondente vom avea prin urmare:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{l_1}{l_2}\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^p \cdot \tag{3,1}$$

Eliminarea raportului l_1/l_2 ne dă relația:

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\frac{p-1,2}{2}} \cdot \tag{4.1}$$

Scriind că în general, pentru lămpi corespondente,

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^q \tag{5,1}$$

unde q este o constantă, cu valoare deocamdată nedeterminată, dar pozitivă; obținem prin eliminarea raportului T_1/T_2 între relațiile (4,1) și (5,1):

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{\eta_1}{\eta_2}\right)^{\frac{p-1,2}{2q}} \cdot \tag{6,1}$$

ANEXA 2

Eficacitatea luminoasă η_1 a lămpilor normale este o funcție exclusiv de intensitatea I_1 a curentului care parcurge filamentul lămpii. Această funcție poate fi scrisă — cel puțin între anumite limite ale intensității (vezi paragraful 4) sub forma:

$$\eta_1 = B \cdot I_1^b \tag{1,2}$$

unde B și b sînt constante care rezultă din datele statistice de care depinde fabricația respectivă.

Pentru o tensiune de alimentare U dată, relația (1,2) poate fi scrisă sub forma

$$\eta_1 = a\, P_1^b \tag{2,2}$$

unde

$$a = \frac{B}{U^b}. \tag{3,2}$$

Determinarea puterii P_1 a lămpii normale corespondente lămpii „speciale" de putere P_2 și eficacitatea luminoasă η_2 se face prin aproximații succesive.

Să presupunem mai întîi că lampa ar avea o eficacitate luminoasă η_1' egală cu cea pe care o are lampa normală de puterea P_2 a lămpii speciale, valorile lui P_1 și P_2 nefiind în realitate prea diferite. Conform relației (2,2) obținem:

$$\eta_1' = a \cdot P_2^b.$$

Introducînd pe η_1' în locul lui η_1 în relația (3) din text, obținem în primă aproximație valoarea P_1' a puterii lămpii corespondente normale:

$$P_1' = P_2\left(\frac{\eta_1'}{\eta_2}\right)^x = \left(\frac{a}{\eta_2}\right)^x P_2^{1+xb}.$$

Cu această valoare P_1' a puterii putem calcula din nou — într-o mai bună aproximație — eficacitatea luminoasă η_1'' a lămpii corespondente din relația (2,2):

$$\eta_1'' = a\left(P_1'\right)^b$$

de unde rezultă prin introducerea lui η_1'' în locul lui η_1 în (3):

$$P_1'' = \left(\frac{a}{\eta_2}\right)^{\varkappa(1+\varkappa b)}, \quad P_2^{1+\varkappa b+\varkappa^2 b^2}.$$

Continuînd în acelaşi mod se obţine pentru aproximaţia de ordin n:

$$P_1^{(n)} = \left(\frac{a^*}{\eta_2}\right)^{\varkappa(1+\varkappa b+\varkappa^2 b^2+\ldots\varkappa^{n-1} b^{n-1})} \cdot P^{(1+\varkappa b+\varkappa^2 b^2+\ldots\varkappa^n b^n)}.$$

Pentru $n \to \infty$, $P_1^{(n)} \to P_1$ şi obţinem astfel

$$P_1 = P_1^{(\infty)} = \left(\frac{a}{\eta_2}\right)^{\frac{\varkappa}{1-\varkappa b}} \cdot P_2^{\frac{1}{1-\varkappa b}}$$

adică relaţia (5) din text.

ANEXA 3

Din substituirea relaţiei (5) în (8) rezultă mai întîi:

$$I_1 = I_2 \cdot \left(\frac{a}{\eta_2}\right)^{\frac{\varkappa}{1-\varkappa b}} \cdot P_2^{\left(\frac{1}{1-\varkappa b}-1\right)} = I_2\left(\frac{a}{\eta_2}\right)^{\frac{\varkappa}{1-\varkappa b}} \cdot P_2^{\frac{\varkappa b}{1-\varkappa b}} \qquad (1,3)$$

şi ţinînd seama de $P_2 = U \cdot I_2$ şi de relaţia (3,2):

$$I_1 = I_2^{\left(1+\frac{\varkappa b}{1-\varkappa b}\right)} \cdot \left(\frac{aU^b}{\eta_2}\right)^{\frac{\varkappa}{1-\varkappa b}} = \left(\frac{B}{\eta_2}\right)^{\frac{\varkappa}{1-\varkappa b}} \cdot I_2^{\frac{1}{1-\varkappa b}} \qquad (2,3)$$

Relaţia (2,3) înlocuită în (6) ne dă:

$$d = c_1 \cdot \left(\frac{B}{\eta_2}\right)^{\frac{2}{3}\frac{\varkappa}{1-\varkappa b}} \cdot I_2^{\frac{2}{3}\frac{1}{1-\varkappa b}}. \qquad (3,3)$$

ANEXA 4

Relaţia (2,1) aplicată lămpii normale se poate scrie sub forma

$$P_1 = I_1 \cdot U = c \cdot l_1 d \cdot T_1^p.$$

Pe de altă parte din înmulţirea relaţiilor (6) şi (7) rezultă

$$I_1 \cdot U = \frac{1}{c_1 \cdot c_2} d \cdot l_1.$$

Egalarea acestor două formule din urmă ne dă:

$$T_1^p = \frac{1}{c \cdot c_1 \cdot c_2}. \qquad (1,4)$$

Din relaţiile (2) şi (3) rezultă:

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{\eta_1}{\eta_2}\right)^{1/2} = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{1/\varkappa q}. \qquad (2,4)$$

Ţinînd seama de relaţia (5) transformată:

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{aU^b}{\eta_2}\right)^{\frac{\varkappa}{1-\varkappa b}} I_2^{\frac{\varkappa b}{1-\varkappa b}} = \left(\frac{B}{\eta_2}\right)^{\frac{\varkappa}{1-\varkappa b}} \cdot I_2^{\frac{\varkappa b}{1-\varkappa b}} \qquad (3,4)$$

pe care o înlocuim în (2,4), obţinem:

$$\frac{1}{T_2} = \frac{1}{T_1}\left[\left(\frac{B}{\eta_2}\right) I_2^b\right]^{\frac{1}{q(1-\varkappa b)}}. \qquad (4,4)$$

Înlocuind pe (1,4) (4,4) şi (2,4) în relaţia (13) din text obţinem

$$\frac{l_2}{U} = \frac{I_2}{c \cdot dT_2^p} = c_2\left(\frac{B}{\eta_2}\right)^{\frac{\varkappa}{1-\varkappa b}\left(\frac{p}{\varkappa q}-\frac{2}{3}\right)} \cdot I_2^{1-\frac{1}{1-\varkappa b}\left(\frac{2}{3}-b\frac{p}{\varkappa q}\right)}$$

ANEXA 5

Din produsul relaţiilor de proiectare (9) şi (13) la I_2 şi U constant — deci la putere constantă — rezultă:

$$\eta^{v+v} = \text{prop. } (d \cdot l)^{-1}.$$

Dacă vom compara deci o lampă de o putere dată, alimentată la o tensiune dată (mărimile ei caracteristice nu poartă indice) cu o lampă normală de aceeaşi putere şi tensiune (indice 1), vom obţine:

$$\left(\frac{\eta}{\eta_1}\right)^{v+v} = \frac{d_1 \cdot l_1}{d \cdot l}, \qquad (1,5)$$

iar din relaţia (9) singură, la I_2 constant obţinem în mod analog

$$\frac{d}{d_1} = \left(\frac{\eta_1}{\eta}\right)^v. \qquad (2,5)$$

Din relaţia (2,1) mai rezultă la putere constantă:

$$\frac{d_1 \cdot l_1}{d \cdot l} = \left(\frac{T}{T_1}\right)^p. \qquad (3,5)$$

În sfîrşit se mai ştie că, spre deosebire de lămpile cu vid, pierderea mortală de greutate a lămpilor cu gaz nu este independentă de diametrul firului, ci creşte cu d. Din [2] (tabela 5—9 pag. 106) rezultă că pierderea mortală de greutate este proporţională cu $d^{1,34}$. Pe de altă parte viteza de evaporare a wolframului variază foarte repede cu temperatura. Într-o lucrare anterioară [1] am demonstrat că în cazul lămpilor cu vid raportul dintre duratele a două lămpi de aceeaşi construcţie (acelaşi d şi l) alimentate la tensiuni diferite este dat de relaţia

$$\frac{D}{D_0} = \left(\frac{I}{I_0}\right)^{2/3} \cdot \left(\frac{T}{T_0}\right)^{-z}$$

unde z are în limite largi de temperatură care ating şi temperatura filamentului lămpilor cu gaz, valoarea constantă $z = 41{,}6$. Evident în gaz evaporarea wolframului va fi mai lentă dar dependenţa ei de temperatură este aceeaşi.

Pentru I constant şi pentru lămpi cu fire de diferite diametre vom obţine deci relaţia

$$\frac{D}{D_1} = \frac{D}{1000} = \left(\frac{d}{d_1}\right)^{1.34}\left(\frac{T_1}{T}\right)^z. \qquad (4,5)$$

Eliminînd pe l_1 d şi T din relaţiile (1,5)—(4,5) obţinem relaţiile (21) şi (22) din text.

ANEXA 6

Dacă considerăm două lămpi corespondente avînd aceleaşi diametre de fir d, şi tensiune de alimentare U, dar lungimi de fir l_1 şi l_2, intensităţi de curent I_1 şi I_2 şi temperaturi T_1 şi T_2 diferite, duratele lor D_1 şi D_2 vor fi — conform cu cele expuse în anexa 5 — în raportul

$$\frac{D_2}{D_1} = \left(\frac{I_2}{I_1}\right)^{2/3}\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^z. \qquad (1,6)$$

Ţinînd seama de relaţiile (2), (3) şi (8) obţinem

$$\frac{D_2}{D_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{2/3}\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^z = \left(\frac{\eta_2}{\eta_1}\right)^{\frac{2}{3}\varkappa - \frac{z}{q}} \qquad (2,6)$$

sau

$$\frac{\eta_2}{\eta_1} = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^{\frac{q}{z-\frac{2}{3}\varkappa q}}. \qquad (3,6)$$

Exponentul din relaţia (3,6) poate fi scris dacă ţinem seama de (4)

$$\frac{q}{z-\frac{2}{3}\varkappa q} = \frac{q}{z-\frac{p}{3}+0{,}4} \qquad (4,6)$$

ANEXA 7

Din relațiile (1,2), (8) și (3) rezultă

$$\eta_{l1} = B \cdot I_1^b = B \cdot I_2^b \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^b = B \cdot I_2^b \left(\frac{\eta_{l1}}{\eta_{l2}}\right)^{\varkappa b}$$

sau

$$\eta_{l1} = B^{\frac{1}{1-\varkappa b}} \frac{I_2^{\frac{b}{1-\varkappa b}}}{\eta_{l2}^{\frac{\varkappa b}{1-\varkappa b}}} . \qquad (1,7)$$

Înlocuind expresia (1,7) în relația (23) obținem

$$\left(\frac{D_2}{D_1}\right)^C = \frac{\eta_{l2}}{\eta_{l1}} = B^{-\frac{1}{1-\varkappa b}} \cdot I_2^{\frac{b}{1-\varkappa b}} \cdot \eta_{l2}^{\frac{1}{1-\varkappa b}}$$

sau

$$\frac{B}{\eta_{l2}} = I_2^{-b} \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^{-C(1-\varkappa b)} . \qquad (2,7)$$

La rîndul ei înlocuirea expresiei (2,7) în relația de proiectare (9) respectiv (13) ne dă pe rînd relațiile de proiectare căutate :

$$d = c_1 \cdot I_2^{x(1-\varkappa b)} \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^{-C\varkappa x(1-\varkappa b)}$$

sau ținînd seama de expresia (10) a lui x

$$d = c_1 I_2^{2/3} \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^{-\frac{2}{3}C\varkappa} . \qquad (3,7)$$

De asemenea obținem

$$\frac{l_2}{U} = c_2 I_2^{u-bv} \cdot \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^{-C(1-\varkappa b)v}$$

sau ținînd seama de expresiile (14) și (15) ale lui v obținem

$$u - bv = \frac{1}{3} \qquad (4,7)$$

și

$$(1 - \varkappa b)v = \frac{p}{q} - \frac{2}{3}\varkappa \qquad (5,7)$$

și prin urmare

$$\frac{l_2}{U} = c_2 \cdot I^{1/3} \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^{-C\left(\frac{p}{q} - \frac{2}{3}\varkappa\right)} . \qquad (6,7)$$

ANEXA 8

Din relațiile (2) și (1,7) rezultă

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{\eta_{l1}}{\eta_{l2}}\right)^{1/q} = B^{\frac{1}{q(1-\varkappa b)}} \cdot I_2^{\frac{b}{q(1-\varkappa b)}} \cdot \eta_{l2}^{-\frac{1}{q}\left(\frac{\varkappa b}{1-\varkappa b} - 1\right)}$$

sau

$$\frac{B}{\eta_{l2}} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{q(1-\varkappa b)} \cdot I_2^{-b} . \qquad (1,8)$$

Înlocuirea relației (1,8) în relațiile de proiectare (9) și (13) ne dă

$$d = c_1 I_2^{2/3} \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\frac{2}{3}\varkappa q} \qquad (2,8)$$

și

$$\frac{l_2}{U} = c_2 \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{vq(1-\varkappa b)} I_2^{u-bv} .$$

Ținînd seama de expresiile (4,7) și (5,7) ale lui u și v obținem

$$\frac{l_2}{U} = c_2 I_2^{1/3} \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{p - \frac{2}{3}\varkappa q}$$

Lămpi incandescente cu kripton

EMIL IONESCU și *ERVIN SEBESTYEN* — București*)

Deoarece, pînă la introducerea pe scară largă a iluminatului fluorescent, lămpile cu incandescență vor deține încă mult timp întîietatea, se pune problema măririi eficacității lor luminoase. In acest scop, înlocuirea argonului cu kripton la umplerea balonului reprezintă un progres. Autorii prezintă calculele necesare și tehnologia fabricării lămpilor cu kripton.

CZ 621.326.72.032.184

I. Ultimul deceniu a marcat progrese atît de mari în producerea luminii în tuburile cu descărcări în gaze, încît încercarea de actualizare a unor probleme în legătură cu îmbunătățirea randamentului lămpilor incandescente, pare oarecum fără interes. Dacă ținem seama însă de faptul că lămpile cu incandescență vor deține încă mult timp întîietatea folosirii lor în țara noastră, socotim că orice încercare de mărire a eficacității lor luminoase este binevenită și poate aduce importante avantaje economiei naționale. În cele ce urmează, se vor arăta avantajele înlocuirii lămpilor incandescente umplute cu gazul argon care se fabrică curent la noi în țară, prin cele umplute cu kripton.

Eticacitatea luminoasă a unei lămpi incandescente cu filament de wolfram, umplută cu un gaz rar, calculată astfel ca să asigure o durată mijlocie de 1 000 ore, depinde în principal de : *A*) forma filamentului, *B*) compoziția gazului de umplere.

A. Căldura dezvoltată de un filament, depinde în primul rînd de lungimea sa și mai puțin de diametru ; un fir de wolfram spiralat, nu se deosebește de un fir masiv de wolfram cu diametru egal cu acel al spiralei.

Formula lui Langmuir dă următoarea relație :

$$W = C \cdot l \cdot d^{\delta} \cdot T^{\tau} \qquad (1)$$

în care : W este căldura cedată de filament, gazului ;

C — constantă depinzînd de compoziția gazului ;
l — lungimea filamentului ;
d — diametrul filamentului ;
T — temperatura absolută a filamentului ;
δ — constantă = 0,3 ;
τ — constantă = 1,6.

*) Ing. E. Ionescu este șeful atelierului de alimentare cu energie electrică a industriei siderurgice și metalurgice din IPROMET. Ing. E. Sebestyen este inginer la Întreprinderea „Electrofar"

Pentru un gaz determinat și pentru temperatura T, transmisia de căldură a unui filament cu dimensiunile : l_1 d_1 și a altui filament de dimensiunile : l_2 d_2, sînt în raportul :

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{l_1 d_1^{0,3}}{l_2 d_2^{0,3}} \cdot \qquad (2)$$

Dacă dorim să micșorăm transmisia de căldură, de exemplu la jumătate față de aceea a filamentului dat, va trebui ca :

$$2\, l_2 d_2^{0,3} = l_1 d_1^{0,3} \cdot$$

Aceasta înseamnă că noul filament va trebui să aibă aproape jumătate din lungimea filamentului dat.

Pe aceste considerații, industria producătoare de lămpi incandescente, folosește aproape exclusiv filamente dublu sau triplu spiralizate, reușind să se obțină o ameliorare mijlocie a eficacității luminoase de 15 % față de lămpile umplute cu gaze cu filament simplu spiralat.

B. Compoziția gazului de umplere, joacă de asemenea un rol important și vom căuta să arătăm pe scurt considerațiile teoretice care au condus la o nouă ameliorare a eficacității luminoase, prin utilizarea gazului kripton în locul argonului.

Sînt doi factori care influențează eficacitatea luminoasă a unei lămpi umplute cu gaze rare :

— viteza de volatilizare a wolframului în gaz ;

— transmisiunea căldurii în gaz.

1. Viteza de volatilizare în gaz a filamentului, se poate exprima prin relația :

$$V = \gamma\, T^g \qquad (3)$$

și

$$E = a\, T^f \qquad (4)$$

în care :

a, f, g — constante ce depind de natura filamentului ;

E — fluxul de lumină/energie radiată pe secundă ;

γ — constanta de difuziune, ce depinde de natura și presiunea gazului ce înconjoară filamentul incandescent. Această constantă este cu atît mai mică cu cît atmosfera gazoasă se opune difuziunii moleculelor volatilizate din filament.

Avînd în vedere că viteza de evaporare este aceeași pentru gaze diferite și pentru un același filament, putem scrie :

$$\frac{\gamma'}{\gamma''} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^g \qquad g = 34,3 \qquad (5)$$

$$\frac{E_2}{E_1} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^f \qquad f = 4,8. \qquad (6)$$

Din combinarea formulelor (5) și (6) obținem :

$$\frac{E_2}{E_1} = \left(\frac{\gamma'}{\gamma''}\right)^{\frac{f}{g}} = \left(\frac{\gamma'}{\gamma''}\right)^{0,14} \cdot \qquad (7)$$

Aceasta înseamnă că la o variație mare a constantelor de difuziune în două gaze, corespunde o mică variație a lui E. Expresia constantei de difuziune este :

$$\gamma = \frac{\text{constantă}}{m \cdot d \cdot p \cdot \ln \frac{b}{d}} \qquad (8)$$

în care :

p este presiunea gazului ;

m — greutatea moleculară a gazului ;

d — diametrul filamentului ;

b — grosimea păturii de gaz ce înconjoară filamentul în care gazul este imobil.

Dacă comparăm cele două gaze, argonul și kriptonul cu constante de difuziune γ' și γ'' la presiune constantă, rezultă :

$$\frac{\gamma''}{\gamma'} = \frac{\ln\left(\frac{b'}{d}\right) \cdot m'}{\ln\left(\frac{b''}{d}\right) \cdot m''} \cdot \qquad (9)$$

Știind că greutatea moleculară a argonului m' este de 40 și aceea a kriptonului m'' este de 83 la 20°C, rezultă :

$$\gamma' = 0,6\, \gamma' \qquad (10)$$

Introducînd această valoare în (7), căpătăm :

$$\frac{E_2}{E_1} = \left(\frac{1}{0,6}\right)^{0,4} = 1,17. \qquad (11)$$

În realitate, creșterea fluxului de lumină E_2 la kripton față de argon E_1 este mai mică, deoarece experiența a arătat că gazele pure nu pot fi utilizate ca atare din cauza arcului ce se poate naște între electrozi. Pentru evitarea efectului de arc se adaugă gazelor rare un procent de 14—15 % azot, care atenuează efectul de arc, însă modifică constantele de difuziune în detrimentul gazului kripton, care necesită o cantitate de azot mai mare. Din acest motiv ameliorarea eficacității luminoase rezultate din înlocuirea gazului argon cu kripton este numai de cca 4 %.

2. Se știe că pierderile de căldură într-o lampă incandescentă umplută cu gaze, este de ordinul 33 %. Pentru a reduce aceste pierderi, se utilizează gaze cu slabă conductibilitate calorifică, cum este kriptonul și xenonul.

Dacă însemnăm cu W căldura cedată pe cm de lungime de filament cilindric la temperatura T, temperatura gazului atingînd 300°C, vom avea :

$$W = \sigma\, (\varphi_T - \varphi_{300°}) \qquad (12)$$

în care:

$$\sigma = \frac{2\pi}{\ln\left(\frac{b}{d}\right)}$$

şi

$$\varphi = 4{,}19\int_0^T \lambda\, d\, T$$

iar, λ este conductibilitatea calorifică a gazului. Utilizînd tabelele Landolt — Börstein şi Langmuir, obţinem pentru $T = 2\,700\,°K$ şi pentru diverse diametre ale filamentului, valorile de pierderi calorice în W/cm indicate în tabela 1

Tabela 1

Diametrul filamentului în μ	W/cm (2 700°K, 57cm col.mercur)	
	$A_{r87}\ N_{13}$	$K_{k87}\ N_{13}$
100	2,37	1,78
200	2,80	2,12
300	3,11	2,38
400	3,38	2,61
500	3,62	2,82
700	4,03	3,20
1 000	4,58	3,69

Cunoscînd dimensiunile filamentului lămpii studiate, putem calcula energia cedată gazului sub formă de căldură şi implicit se poate determina eficacitatea luminoasă a lămpii. Prin înlocuirea amestecului de argon printr-un amestec de kripton, rezultă din cele de mai sus că eficacitatea luminoasă creşte cu 3,6 %, cu condiţia ca viteza de volatilizare a wolframului în argon să fie aceeaşi cu aceea în kripton.

Tabela 2 indică eficacităţile luminoase ale lămpilor cu amestec de kripton şi cu amestec de argon, dublu spiralate; din tabelă se deduc sporurile de eficacitate luminoasă obţinute prin utilizarea lămpilor cu kripton în locul argonului.

Tabela 2

Volţi	Lămpi umplute cu				Eficacitatea luminoasă lm/W	
	Kripton dublu spiral		Argon dublu spiral		Kripton dublu spiral	Argon dublu spiral
	lm	W	lm	W		
100—120	150	15	150	16,5	10,0	9,1
	246	22	250	24	11,2	10,4
	394	31	400	34	12,5	11,8
	643	46	650	50	14,0	13,0
	975	64	1 000	71	15,1	14,1
	1 250	79	1 250	86	15,8	14,5
	1 500	91	1 500	99	16,2	15,1
	—	—	—	—	—	—
220—230	245	25,5	250	27	9,4	9,2
	392	36	400	38	10,8	10,5
	650	53	650	57	12,6	11,4
	980	73	1 000	79	13,2	12,6
	1 225	89	1 250	95	13,8	13,2
	1 470	100	1 500	110	14,7	13,6

În practică, din cauza costului ridicat al kriptonului, dimensiunile lămpilor umplute cu acest gaz au fost mult reduse. Ca exemplu, o lampă cu kripton de 60 W are un diametru de 50 mm, pe cînd o lampă de 60 W cu argon are un diametru de 65 mm. Totuşi eficacitatea luminoasă a lămpilor umplute cu kripton este cu 3 — 10 % mai mare decît cea a lămpilor cu argon de flux luminos total egal.

II. Gazul kripton pur se obţine prin distilarea fracţionată a aerului lichid. El se găseşte în aer într-o proporţie infimă de 10^{-6} din volumul total de aer.

Pentru ca să se ajungă la fabricarea lămpilor umplute cu kripton au fost necesare anumite modificări în tehnologie, faţă de cea întrebuinţată la folosirea argonului. Anumite maşini pentru subansamble şi asamblate au suferit însă diverse modificări faţă de producţia lămpilor cu argon.

1. Maşina de picioruşe are modificat cleştele care ţine discul, din cauza dimensiunilor mai mici ale discului. Focarele de încălzire sînt prevăzute cu orificii mai puţine, neavînd nevoie de temperatură atît de mare ca la discurile folosite la lămpile cu argon.

2. Maşina automată de montat spirale are modificate braţele de susţinere ale picioruşelor, din cauză că porţiunea liberă a bastonaşului este numai de 6 mm faţă de cei 13 mm ai picioruşelor la lămpile cu argon. Tubul de evacuare fiind şi el cu 20 mm mai scurt a fost nevoie de o altă modificare a acestei maşini.

3. Maşina de închis are şi ea anumite adaptări. În primul rînd se modifică formele de susţinere ale balonului (balonul mediu la kripton are diametrul de 50 mm, la argon diametrul de 65 mm). Lungimea balonului fiind multmai mică, discurile care ajută la tragerea balonului în porţiunea încălzită diferă. De asemenea focarele sînt mai puţine ca număr şi au puţine orificii; aceasta din cauză că distanţa între evadarea discului şi gîtul balonului este foarte mică, astfel încît formarea sticlei pe această porţiune nu necesită o încălzire puternică.

4. Pompa automată pentru evacuare şi umplere cu gaz are cele mai importante modificări. Acest automat, pe lîngă operaţiile pe care le efectuează în cazul folosirii argonului, mai are intercalată o operaţie. După evacuare, spălare cu azot (aceste două operaţii se fac alternativ), răcirea balonului, umplerea cu gaz inert, tăierea şi sudarea capetelor tubului de evacuare, urmează operaţia de recuperare a kriptonului rămas în tubul de evacuare şi conducta pînă la ventil. Cantitatea de kripton recuperat este de cca 40 cm^3 la fiecare lampă, pe automatele de tip Tungsram. După aceasta urmează îndepărtarea restului de tub de evacuare din pompă.

Recuperarea gazului se face cu ajutorul unei pompe care este instalată în imediata apropiere a automatului, prevăzută cu două conducte. Una

din ele este legată la ventilul automatului, iar cealaltă conductă duce de la pompă la un tub gol (metalic), în care se încarcă gazul recuperat. Ambele conducte sînt perfect etanşe. Kriptonul recuperat se poate repurifica la fabricile producătoare. În cazul argonului această operaţie nu se execută fiindcă cheltuielile de trimitere pentru repurificare şi costul acesteia, ar întrece costul argonului.

5. Ultima maşină din procesul tehnologic care necesită adaptare este maşina de soclat. Ca şi în cazul maşinii de închis modificarea este necesară din cauza dimensiunilor reduse ale balonului.

În general la fabricile de lămpi cu incandescenţă nu se lucrează exclusiv lămpi cu kripton, ci şi lămpi cu argon. Pentru producţia lămpilor cu kripton se folosesc maşini în cea mai bună stare de funcţionare, pentru ca rebuturile să fie de un procentaj cît mai scăzut, avînd în vedere greutatea obţinerii kriptonului şi a preţului său ridicat. În orice caz maşinile construite sau adaptate pentru kripton nu se pot modifica cu uşurinţă pentru argon.

III. O problemă importantă o constituie aspectul economic al utilizării şi fabricării lămpilor cu kripton. Privit din punctul de vedere al consumatorului se arată un calcul economic al echivalenţei lămpii cu argon faţă de lampa cu kripton.

Costul L al iluminatului exprimat în lei pe lumen-oră este dat pentru cele două feluri de lămpi de relaţiile :

$$L_A = \frac{W_A \cdot C \cdot 1\,000 + X_A}{Y_A \cdot W_A \cdot 1\,000}\,; \quad L_K = \frac{W_K \cdot C \cdot 1\,000 + X_K}{Y_K \cdot W_K \cdot 1\,000}$$

unde :

W_A este puterea consumată în argon ;
W_K — puterea consumată în kripton ;
C — costul energiei electrice în lei/Wh
X_A — costul unei lămpi argon ;
X_K — costul unei lămpi kripton ;
Y_A — eficacitatea luminoasă în lm/W a lămpii cu argon ;
Y_K — eficacitatea luminoasă în lm/W a lămpii cu kripton.

Pentru ca să se realizeze acelaşi cost al iluminatului cu cele două categorii de lămpi trebuie ca $L_A = L_K$, şi prin urmare :

$$\frac{X_K}{X_A} = 1{,}08\,\%.$$

Valorile înlocuite în calculul de mai sus corespund unei lămpi de 120 V 65 Dlm cu 50 W consumaţie.

Din calculul de mai sus rezultă : o lampă cu kripton de 120 V 65 Dlm echivalentă cu o lampă cu argon prezintă la acelaşi preţ de cumpărare un avantaj economic de cca 8 % pentru consumatori.

Tabela 3

Voltaj	Tipul de lampă în Dlm	Argon X_A %	Kripton $\frac{X_K}{X_A}$ %	Media în %	Media generală %
110—120	40	100	106	107,7	106,8
	65	100	108		
	125	100	109		
220—230	40	100	103	106	
	65	100	110		
	125	100	105		

În tabela 3 se arată rezultatele unor calcule analoge pentru tipurile de lămpi cele mai uzuale, la tensiunile de 120 şi 220 V. În medie aceste tipuri prezintă un avantaj economic de cca 6,8 % pentru consumatori faţă de lămpile echivalente cu argon.

Din punctul de vedere al fabricaţiei problema economică se pune în modul următor :

Vom presupune că în calculul preţului singura diferenţă importantă între cele două feluri de lămpi se datoreşte costului diferit al materialelor care suferă modificări, în timp ce celelalte costuri (manoperă, regie, restul materialelor etc.) rămîn nemodificate.

Materialele care suferă modificări sînt :

1. Balonul de sticlă.
2. Sticla de plumb (disc, tub evacuare, bastonaş).
3. Electrozii.
4. Gazul.

Din costul (lei/unitate) al unei lămpi cu argon :

Balonul	reprezintă	19,0 %
Sticla de plumb	„	8,8 %
Electrozii	„	1,24 %
Gazul	„	0,64 %
Total . . .		29,68 %

Celelalte costuri (70,32 %) vor rămîne neschimbate.

Vom analiza fiecare din cele 4 materiale separat.

1. *Balonul.* Din cauza reducerii dimensiunilor se va realiza o economie la *materii prime*, astfel la preţul unitate al lămpii cu kripton balonul va reprezenta numai 18,60 % faţă de 19 % la lămpi cu argon.

2. *Sticla de plumb.* Folosind dimensiuni mai reduse cu cca 13 % sticla de plumb va intra în calculul preţului de cost al lămpii cu kripton numai cu 6,68 % faţă de 8,8 % la lămpile cu argon.

3. *Electrozii.* Reducînd cantitatea de cupru şi monel în proporţie de cca 11,5 % în calculul de preţ/unitate, electrozii vor figura numai cu 1,08 % faţă de 1,24 % la lămpile cu argon.

4. *Gazul.* Din preţurile comparative rezultă că kriptonul costă de 26 ori mai mult decît

argonul. Din cauza volumului mai redus al lămpii de 2,6 ori mai mic la kripton decît la argon şi a recuperării kriptonului (la fiecare lampă o cantitate fixă de 40 cm³), rezultă că la o lampă corespunzătoare se foloseşte de 3,1 ori mai puţin kripton decît argon. Deci gazul de umplere este de 26 $\cdot \frac{1}{3,1} = 8,4$ ori mai scump în cazul kriptonului.

Din preţul/unitate al lămpii cu argon, gazul reprezintă 0,64 % ceea ce înseamnă că în cazul folosirii kriptonului el va reprezenta :

	Lămpi cu argon	Lămpi cu kripton
Costuri comune	70,32 %	70,32 %
Balon de sticlă	19,00	18,60
Sticlă de plumb	8,80	6,68
Electrozii	1,24	1,08
Gazul	0,64	5,37
Total . . .	100,00	102,05

Din cele de mai sus rezultă că lămpile cu kripton ar costa cu cca 2 % mai scump decît cele cu argon. Aceasta înseamnă că faţă de raportul $\frac{X_K}{X_A} = 106,8$ %, lămpile cu kripton prezintă o economie reală pentru economia naţională de :

$$6,80 - 2,05 = 4,75\ \%\ .$$

IV. **Concluzii.** Utilizarea lămpilor cu incandescenţă umplute cu kripton reprezintă un avantaj incontestabil pentru economia naţională. Se pune însă întrebarea dacă producţia acestor lămpi — în stadiul actual al industriei noastre de becuri — ar fi sau nu rentabilă? Starea utilajului existent în ţară, credem că deocamdată nu permite fabricarea acestor lămpi cu avantajele arătate mai sus. Pentru ca producţia de lămpi cu kripton să fie rentabilă, va trebui creată în prealabil o industrie puternică de lămpi umplute cu argon. O dată cu crearea acestei industrii, s-ar putea introduce cu succes şi fabricarea în serie a lămpilor cu kripton.

Bibliografie

[1] *Ulmischek L. G.* : Proisvodstvo Elektriciskih lamp nakalivania, Gosenergoizdat, Moscova 1949, p. 28—54.
[2] *Roth A.* : Tehnica vidului şi a aparatelor electrice cu vid. Ed. Energetică de Stat, Bucureşti, 1955, p. 196—208.
[3] *Zapolonski I.* : Umplerea cu gaz a becurilor electrice. Extras din Buletinul A.P.D.E., 8 (1939) nr. 3—4.
[4] Revue Technique Phillips, 1936, 6.
[5] Tungsram A. G. : Normblatt für Krypton Lampen.
[6] Tungsram A. G. : Normblatt für Argon Lampen.
[7] Tungsram A. G. : Normblatt für Vakuum Lampen.

Referate

Lămpi electrice cu incandescenţă

CZ 621.326.75

Cîteva metode pentru îmbunătăţirea rezistenţelor mecanice a lămpilor miniatură. [După Martin I. : Ill. Engng., 51 (1956) 7, p. 504—506].

Trecerea la tensiunea de 12 V pentru automobile şi 28 V pentru avioane a pus noi probleme constructorilor de lămpi cu incandescenţă din S.U.A., în legătură cu rezistenţa la şocuri şi vibraţii a filamentelor, de diametru micşorat faţă de acela al vechilor lămpi de tensiuni mai joase. Se arată pe scurt ce încercări se fac pentru a reproduce condiţiile de şoc şi vibraţii din exploatare şi se discută trei căi pentru îmbunătăţirea rezistenţei mecanice a acestor lămpi: 1) îmbunătăţirea fixării (suporţi în număr suficient şi cu dimensiuni adecvate); 2) mărirea diametrului filamentului, cu micşorarea eficacităţii luminoase; 3) ameliorarea structurii după recristalizare, prin adaosuri de oxizi sau toriu sau de siliciu.

G.N

CZ 621.326.24:621.365.5.023

O sursă de lumină uniformă, excitată prin radiofrecvenţă. [După Sanford C. Peeck: Ill. Engng., 7(1957) 2, p. 96—102].

Articolul descrie realizarea unui nou tip de lampă, lampa de radiofrecvenţă sau prescurtat lampa R. F. Încălzindu-se prin inducţie cu ajutorul unui curent de frecvenţă radio, un disc solid dintr-un metal foarte refractar, acesta devine luminos. Sursa luminoasă astfel căpătată, este mică, strălucitoare şi uniformă.

Lampa este destinată a fi utilizată în echipamente şi procese ne esitînd un fascicul îngust de raze luminoase. Astfel, proiectoarele de cinematograf de 16 şi 35 mm necesită o sursă luminoasă de aproximativ 5 mm respectiv 7 mm. În mod obişnuit pentru a obţine astfel de surse, sînt necesare lentile care nu pot fi obţinute decît foarte greu.

Lampa R. F., în afara faptului că are dimensiuni foarte mici, este stabilă şi uniformă, lucru foarte preţios pentru proiectoarele de cinematograf.

Alimentarea consistă dintr-o sursă de energie şi un oscilator, montate separat. Sursa de energie alimentează prin cabluri oscilatorul şi acesta la rîndul lui alimentează bobina de încălzire a lămpii R. F. Oscilatorul consistă din două tuburi 833 într-un montaj oscilatoriu push-pull.

Sursa propriu zisă de lumină constă dintr-un disc de carbid de tantal, de 7 mm diametru, înconjurat de un cilindru de cupru argintat, care concentrează pe disc cîmpul magnetic. Bobina de încălzire prin inducţie a oscilatorului de înaltă frecvenţă, este plasată împrejurul lămpii, cuplată strîns cu cilindrul de cupru.

Temperatura de culoare a sursei este de 3 700° K, durata de viaţă cca 70 ore iar strălucirea de aproximativ 3 500 stilbi.

În afară de utilizările în cinematografie, lampa R. F. şi-a găsit un vast cîmp de aplicaţii în televiziune şi spectroscopia cu infraroşu.

N.R.

CZ 621.326.797

Caracteristicile şi aplicaţiile lămpilor cu filament axial. [După Pearson G. W., Lindsday E. A. şi Dorsey R. T.: Ill. Engng. 51 (1956) 12, p. 782—790].

Se descriu lămpile cu incandescenţă de 500 W, 750 W şi 1 000 W cu un filament axial dublu spiralizat, care au fost puse în comerţ în S.U.A. în cursul anului 1956. Faţă de lămpile de tip vechi, ele dau cu 15 % mai multă lumină, la aceeaşi durată, din următoarele cauze: ameliorarea randamentului luminos prin dublă spiralizare, pierderi mai mici de lumină prin absorbţia duliei, înnegrire localizată în special la gîtul balonului. Este studiată comparativ din punct de vedere fotometric compararea acestor lămpi şi a celor de tip vechi în diverse corpuri de iluminat industriale, diferenţele în alura curbelor fotometrice fiind minime; deosebirile sînt însă mai marcate pentru proiectoare. Proiectarea reflectoarelor pentru aceste lămpi este mult uşurată de faptul că izvorul de lumină este mai compact şi are o simetrie axială.

G.N.

Lămpi fluorescente

CZ 621.327.43:535.376

Eficacitatea luminoasă a electroluminescenței. [După Lehmann W.: Ill. Engng., 51 (1956) 10, p. 684—688].

Izvoarele experimentale bazate pe „efectul Destriau" (electroluminescența pulberilor de luminofori cristalini înglobate într-un dielectric și supuse unui cîmp electric alternativ) au progresat simțitor în ultimii ani; cu astfel de izvoare s-au obținut eficacități luminoase de aproximativ 10 lm/W și străluciri pînă la vreo 0,3 sb. Autorul expune rezultatele unor studii experimentale făcute cu o celulă electroluminescentă cu SZn-Cu în ulei de ricin. La frecvență constantă, eficacitatea luminoasă a luminoforului trece printr-un maxim pentru o valoare a tensiunii depărtată de valoarea de străpungere; la o tensiune dată, eficacitatea luminoasă a luminoforului are — pentru majoritatea luminoforilor studiați — un maxîm la frecvențe de cca 500 Hz; eficacitatea luminoasă și fluxul cresc în același sens, ceea ce constituie un avantaj.

G.N

Lămpi cu descărcări în gaze și vapori metalici

CZ 621.327.312.032.43

Dispozitive de aprindere pentru lămpi cu vapori de mercur de înaltă presiune, corijate. (R.V.D.L.) [După Wasserman A. L.: Svetotehnika, (1957), 3, p. 16—19].

Se descrie un dispozitiv de aprindere pentru lămpile cu vapori de mercur de înaltă presiune și flux corijat, destinate pentru iluminatul halelor industriale, străzilor, terenurilor deschise etc. Schema dispozitivului este arătată în fig. 1, iar funcționarea ei este următoarea: La conectarea la rețea *A* începe să se încarce condensatorul *2*; cînd s-a încărcat într-atît încît tensiunea la bornele sale atinge valoarea tensiunii de amorsare a descărcătorului, condensatorul se descarcă prin înfășurarea de aprindere ceea ce face ca în înfășurarea primară a bobinei să apară o f.e.m. indusă; aceasta fiind de înaltă tensiune și frecvență produce aprinderea lămpii. Dacă lampa nu se aprinde după prima descărcare, aceasta continuă pînă la aprinderea lămpii și stabilizarea descărcării. Frecvența aprinderii, în caz de defect, depinde de elementele schemei; pentru evitarea unei uzuri rapide ele se aleg astfel, încît

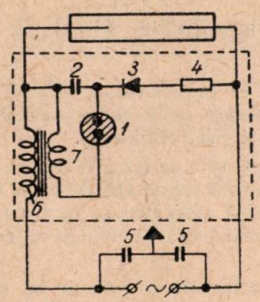


Fig. 1. Schema dispozitivului de aprindere a lămpii R.V.D.L.:

1—descărcător RB—3; *2*—condensator 1μF, 400 V; *3* — redresor cu seleniu ABC—6—600; *4* — rezistență 47 kΩ, 0,25 W; *5* — condensator 0,5 μF; *6* — înfășurarea primară a bobinei; *7* — înfășurarea de arrindere.

$5 < f < 12$ Hz. În aceste condiții durata descărcătorului este de 100 ore ceea ce asigură la o exploatare normală circa 1 milion de conectări. Bobina are o construcție specială deoarece ea trebuie să asigure pe lîngă aprindere și funcționarea stabilă a lămpii. În acest scop ea are două înfășurări înlocuind astfel transformatorul de impuls.

W.S.

CZ 621.327.3

Progrese recente în domeniul lămpilor cu vapori de mercur cu arc scurt. [După Retzer T. C. și Gerung G. W.: Ill. Engng., 51 (1956), 11 p. 745—752].

Articolul descrie cinci tipuri de lămpi cu vapori de Hg și cu vapori de Hg + Xe, cu arc scurt (punctiform) pentru funcționare cu curent alternativ, fabricate în S.U.A.

Față de tipurile mai vechi, s-a introdus o nouă construcție a electrozilor și a sudurii conductoare-cuarți. Lămpile cu vapori de Hg + Xe au față de cele numai cu vapori de Hg avantajul unui timp de formare mai redus și a unui spectru continuu mai intens, însă necesită dispozitive auxiliare mai pretențioase. Lămpile acestea se folosesc unde sînt necesare izvoare punctiforme puternice, de întreținere relativ simplă și cu durată destul de mare (200—300 ore). *G.N.*

Iluminat artificial interior

CZ 628.932.2

Procedeu de calcul pentru iluminarea cu tavane luminoase. [După Robertson J. N., Hutchroft G. E.: Ill. Engng, 51 (1956) 5, p. 349—354].

Se calculează strălucirea și iluminarea suprafețelor de lucru pentru instalațiile de iluminat utilizînd tavane luminoase, printr-un nou procedeu de calcul, care este expus în întregime.

Se dau formule de calcul pentru eficacitatea sistemului cu tavan luminos pentru reflectanța efectivă a suprafeței tavanului și pentru absorbția materialului difuzat.

Se găsește o corespondență bună între valorile calculate de iluminări și strălucriri și valorile corespunzătoare măsurate în instalațiile actuale.

N.R.

CZ 628.9:535.7

Lueși pentru omul uitat. [După Guth S. K., Eastman A. A.: Ill Engng. 51 (1956) 3, p. 253—255].

Datele asupra vederii constituie adeseori media rezultatelor obținute asupra unui număr oarecare de observatori.

Valoarea medie totuși reprezintă o stare necorespunzătoare pentru jumătate din observatori. Acest lucru este demonstrat printr-un studiu al nivelelor de iluminări curente de 40 de observatori într-un test de vizibilitate în care variația nivelelor individuale a fost de circa 10 : 1.

Concluzia studiului este aceea că la realizarea unei instalații de iluminat trebuie să fie luate în considerație cerințele tuturor observatorilor.

N.R.

CZ 628.9:621.32:535.7

Cîteva efecte ale iluminatului incandescent și fluorescent asupra funcțiilor vizuale. [După Floyd W. F.: Light and Lighting, 49 (1956) 8, p. 212—214].

Există două importante diferențe între iluminatul incandescent și cel fluorescent: diferența de compoziție spectrală și prezența pîlpîirii la lămpile fluorescente.

Culoarea luminii lămpilor cu incandescență este gălbuie fiind datorată cantității minime de radiație albastră din spectru. Lămpile fluorescente se fabrică în mai multe nuanțe, mergînd de la nuanța gălbuie pînă la lumina asemănătoare cu cea diurnă.

Autorul a efectuat o serie de experimentări cu 26 de subiecte (16 bărbați, 10 femei) puse în condiții de egală iluminare, în lumină fluorescentă și incandescentă.

Experimentările au dovedit că tipul sistemului de iluminat utilizat (incandescent sau fluorescent) nu afectează activitatea funcțiilor vizuale. Articolul descrie amănunțit metodica experimentării și aparatura utilizată.

N.R.

CZ 628.972:535.245

Evaluarea strălucirii reflectate. [După Hopkinson R. G.: Ill. Engng. 52 (1957) 6, p. 305—316].

Factorii care influențează strălucirea reflectată jenantă pentru ochi sînt următorii:

1) strălucirea izvorului luminos;
2) dimensiunile aparente ale sursei de lumină;
3) nivelul general de adaptare;

4) poziţia surselor luminoase faţă de direcţia vederii;

5) strălucirea spaţiului înconjurător surselor de lumini.

Strălucirea reflectată poate fi evaluată cantitativ cu ajutorul unei formule în care intră toţi factorii enumeraţi mai sus. Cu cît este mai mare valoarea calculată a strălucirii reflectate, cu atît jena vizuală datorită acestei străluciri este mai accentuată.

Autorul articolului analizează factorii care intră în componenţa formulei, arătînd domeniile limită de aplicare a ei.

De asemenea autorul analizează felul de estimare a strălucirii reflectate pentru diverse ţări, în scopul de a realiza o concordanţă internaţională asupra acestei probleme. Posibilitatea calculului strălucirilor reflectate în cazul unei instalaţii de iluminat este un lucru necesar pentru inginerii care se ocupă cu tehnica iluminatului. *N.R.*

Recenzie

CZ 628.9

KOLN WALTER: Lichttechnik, Helios Verlag G.m.b.H., Berlin 1952.

Lucrarea de faţă se adresează constructorilor din domeniul lămpilor electrice, inginerilor din domeniul tehnicii iluminatului, arhitecţilor, instalatorilor electricieni, care proiectează şi realizează instalaţii de iluminat.

Cartea conţine patru capitole: *A* — Tehnica evaluării luminii; *B* — Tehnica producerii luminii; *C* — Tehnica utilizării luminii; *D* — Lumina ca factor de producţie.

Capitolul *A* tratează problema sursei de lumină ca emiţător, ochiul ca receptor, gradele de eficacitate la producerea luminii, mărimi, denumiri şi unităţi (DIN 5 031), despre măsurarea luminii şi iluminării precum şi noţiuni despre măsurarea culorii şi vederea la lumină colorată.

Problema ochiului ca receptor de energie luminoasă este tratată mai pe larg, insistîndu se pe bună dreptate asupra efectului Purkinge (deplasarea curbei de sensibilitate relativă a ochiului, la străluciri reduse), lucru care nu prea se face în tratatele similare de tehnica iluminatului.

Se dau noţiunile elementare de colorimetrie. Partea referitoare la vederea în lumină colorată este tratată la un nivel înalt, constituind un material foarte preţios pentru cei ce se ocupă cu acest domeniu.

Capitolul *B* începe cu o parte introductivă care tratează într-un mod documentat istoricul dezvoltării producerii surselor de lumină. Urmează o clasificare a lămpilor. Lămpile cu incandescenţă şi lămpile cu descărcări în gaze sînt tratate în mod amănunţit, dîndu-se toate caracteristicile de fabricaţie şi funcţionare. O secţiune specială este destinată lămpilor mixte, combinaţii de lămpi cu incandescenţă şi lămpi cu descărcări în gaze.

Capitolul *C* cuprinde sarcinile tehnicii iluminatului, cerinţele unei bune instalaţii de iluminat, noţiuni despre tehnica iluminării cu lumina naturală şi tehnica iluminării cu lumină artificială. Se insistă mai puţin asupra părţii de proiectare, accentul căzînd pe partea descriptivă a diverselor instalaţii de iluminat.

Capitolul conţine din abundenţă fotografii, ilustrînd realizări de instalaţii de iluminat în diverse domenii ca birouri, locuinţe, fabrici etc.

Foarte interesante sînt secţiunile ocupîndu-se de iluminatul spaţiilor cu trafic, iluminatul scenelor, iluminatul medicinal şi biologic, iluminatul arhitectural etc.

Un subcapitol special este dedicat iluminatului spaţiilor comerciale, în special iluminatului vitrinelor.

Capitolul *D* se ocupă de partea economică a instalaţiilor de iluminat, însă foarte sumar tratat. Cartea conţine un apendice tratînd despre „lumina în gîndirea popoarelor".

Conţinutul descriptiv foarte interesant al cărţii cît şi condiţiile grafice foarte bune în care este editată cartea, fac din ea un auxiliar preţios al tehnicienilor din domeniul iluminatului.

Ing. **N. Rosenberg**

Cronică

Lista comunicărilor. Programul şedinţelor şi participarea

LA

Conferinţa Electricienilor din R.P.R., Bucureşti, 1957,

organizată de Secţia Energetică şi Electrotehnică a Consiliului Central ASIT*)

PARTICIPAREA

Şedinţele conferinţei: se vor ţine în *Bucureşti* în *zilele de 11—14 noiembrie 1957.*

Orariul şedinţelor:

— dimineaţa *de la ora 9 la 13*
— după amiază *de la ora 17 la 20,30.*

Lucrările conferinţei vor avea loc în 3 secţii şi anume:
— secţia I — *Energie electrică*
— secţia II — *Electrotehnică*
— secţia III — *Telecomunicaţii.*

Şedinţele de deschidere şi închidere vor fi comune pentru toate secţiile. (Vezi tabela cu programul şedinţelor).

Referatele imprimate (vezi anexa cu lista referatelor) vor fi trimise din timp delegaţilor. În cadrul conferinţei referatele nu vor mai fi citite, întrucît se presupune că au fost examinate de fiecare delegat; se va face o scurtă prezentare a fiecărui referat după care vor urma discuţii.

Inscrierile se fac pe baza unor formulare de înscriere care vor fi trimise la întreprinderi şi care trebuie completate şi înapoiate în termenul fixat, la biroul central de informaţii şi primire.

Biroul central de informaţii şi primire, funcţionează în *Bucureşti, Calea Victoriei 120* (sediul Consiliului Central ASIT, secţia energetică şi electrotehnică).

Taxa de înscriere este de lei 250 pentru fiecare participant. Taxa de înscriere va fi suportată de către întreprindere (instituţia) unde lucrează delegatul şi în taxă se cuprinde costul referatelor imprimate şi a cheltuielilor ocazionate de conferinţă.

Cazarea delegaţilor din provincie se va face la hoteluri. Reţinerea camerelor se va face de către comitetul de organizare al conferinţei pentru delegaţii care cer acest lucru. Delegaţii vor deconta la locul de muncă cheltuielile de cazare.

Masa va fi asigurată la restaurant pe bază de cartele prin înscrierea delegaţilor. Cheltuielile pentru masă vor fi suportate de delegaţi, din diurnă.

Vizite cu caracter tehnic se vor face la:
— staţia de transformare Bucureşti — Est
— întreprinderea „Clement Gottwald"
— staţia de televiziune;
— casa radiofoniei.

Manifestaţii cu caracter social: în una din seri va avea loc un spectacol teatral pentru participanţii la conferinţă. In seara ultimei zile va avea loc o recepţie urmată de masă comună.

Excursii cu caracter tehnico-cultural. După terminarea conferinţei delegaţii vor avea posibilitatea să participe la o

*) *Comitetul de organizare îşi rezervă dreptul de a face eventuale modificări, urmînd a le comunica la timp participanţilor.*

excursie cu caracter tehnico-cultural, după un program care se va comunica ulterior.

Cheltuielile de transport şi cazare vor fi decontate de către delegaţi la locul de muncă.

Cheltuielile pentru masă vor fi suportate de către delegaţi din diurnă.

Delegaţii pot veni însoţiţi de soţie sau copii, care pot participa la manifestările sociale şi la excursii, suportînd cheltuielile de transport, cazare şi întreţinere ale acestora.

Comitetul de organizare se va îngriji de reţinerea camerelor de hotel şi masă pentru membrii de familie ai delegaţilor care vor cere aceasta.

În timpul lucrărilor conferinţei, vor avea loc în fiecare zi vizite şi plimbări în Bucureşti şi împrejurimi, pentru membrii de familie, organizate de un comitet.

Referate	Secţia	luni 11 nov. dim.	luni 11 nov. d. a.	marţi 12 nov. dim.	marţi 12 nov. d. a.	miercuri 13 nov. dim.	miercuri 13 nov. d. a.	joi 14 nov. dim.	joi 14 nov. d. a.
Şedinţa de deschidere	Şedinţe comune pentru toate secţiile		×						
Introducerea tehnicii noi în industria energiei electrice din R.P.R.			×						
Idem industria electrotehnică			×						
Idem ramura telecomunicaţiilor			×						
Idem în industriile consumatoare de energie electrică			×						
Dezvoltarea activităţii de cercetare tehnico-ştiinţifică a inginerilor şi tehnicienilor la locul de producţie			×						
Şedinţa de închidere								×	
Reţele electrice şi sisteme energetice	I			×					
Centrale electrice	I			×					
Utilizarea energiei electrice	I					×			
Meteriale electrotehnice	II			×					
Electrovid	II					×			
Electrotehnologie	II					×			
Maşini elecrice	II						×		
Măsuri electrice	II							×	
Aparataj electric	II							×	
Electronică	III			×					
Automatizări	III			×					
Telecomunicaţii	III					×			

LISTA COMUNICĂRILOR

Secţia I. Energie electrică

Grupa 1. Centrale şi staţii electrice

11.01. Ing. *Titus Berinde* — Conectarea la bare sub tensiune a generatoarelor şi compensatoarelor sincrone neexcitate sau parţial excitate.

11.02. Ing. *Ion Iordănescu* — Procesul autosincronizării şi consideraţii asupra comportării generatoarelor electrice şi a sistemului energetic în cazul aplicării acestei metode.

11.03. Ing. *Viorel Miclosi* — Consideraţii asupra transformatorului intermediar de curent cu saturaţie rapidă.

11.04. Ing. *Marc Danila*: Utilizarea modelării în alegerea protecţiei împotriva supratensiunilor atmosferice a staţiilor de înaltă şi foarte înaltă tensiune.

11.05. Ing. *Gheorghe Brosteanu*: Concepţii noi în funcţionarea serviciilor interne ale centralelor electrice.

Grupa II. Reţele şi sisteme electrice

12.01. Ing. *Toma Laszlo* — Un caz special de pendulaţii într-un sistem energetic regional.

12.02. Ing. *Ervin Lebovits* — Un nou aparat pentru determinarea succesiunii fazelor şi a măsurării frecvenţei la reţelele trifazate.

12.03. Conf. *Gheorghe Moisil* — Amplasarea şi dimensionarea cablurilor de întoarcere ale reţelelor de tracţiune electrică.

12.04. Ing. *Vlad Rădulescu* — Metode de combaterea formării chiciurii pe conductoare, pe liniile aeriene de înaltă tensiune.

12.05. Ing. *Viorel Bucur* — Suprasolicitări de chiciură şi vînt la linia de 35 kV.

12.06. Ing. *Florin Stănciulescu* — Contor pentru descărcătoare cu rezistenţă variabilă.

12.07. Ing. *Aladar Nagy*: Criterii practice ale repartizării optime a sarcinilor reactive.

Grupa III. Utilizarea energiei electrice

13.01. Ing. *Dinu Martac* — Variaţia puterii active şi reactive absorbite de motoarele asincrone în funcţie de tensiunea şi frecvenţa de alimentare.

13.02. Ing. *Ion Huhulea* — Studiul posibilităţilor de utilizare a tensiunii de 1000 V în reţelele de distribuţie de joasă-tensiune.

13.03. Ing. *S. Dulberg* — Stabilirea puterilor reale ale consumatorilor de energie electrică.

13.04. Ing. *Cristofor Nacu* — Amplidine în sisteme de acţionare a maşinilor de hîrtie.

13.05. Ing. *Emil Ionescu* şi Ing. *Mihail Grăniceanu* — Condiţiile de funcţionare a cuptoarelor electrice cu arc de mare capacitate alimentate din sistemul energetic regional.

13.06. Ing. *Ştefan Feldman* — Fenomenele tranzitorii la reanclanşarea automată a motoarelor asincrone.

13.07. Ing. *Ion Huhulea* — Dispozitive pentru avansarea automată a sapei şi propuneri pentru îmbunătăţirea funcţională a instalaţiilor de foraj cu masă rotativă şi cu turbină.

13.08. Conf. ing. *Cornel Penescu* — Efectul variaţiilor de tensiune şi frecvenţă asupra consumatorilor.

13.09. Ing. *Jean Gayraud* — Posibilităţi de introducere pe scară largă a reanclanşării automate şi autopornirii motoarelor electrice ce alimentează şantierele petrolifere

13.10. Prof. dr. ing. *N. V. Botan*, lector ing. *L. Sebastian* şi asist. ing. *N. Poeată* — Date noi privind frînarea subsincronă.

13.11. Ing. *Cornelius Nicodimescu*: Curăţirea ţiţeiurilor cu ajutorul curentului electric.

Secţia II. Electrotehnică

Grupa I. Materiale electronice

21.01. Ing. *S. Donici* şi Chim. *Mariana Mihăescu* — Carborundul electrotehnic rominesc.

21.02. Ing. *A. Nanu* şi Ing. *A. Leimdörfer* — Completări şi precizări asupra normelor standardizate în diferite ţări pentru determinarea rezistenţei superficiale a dielectricilor.

21.03. Ing. *Maria Nicolae* şi Ing. *Bruno Marcus* — Materiale electroceramice realizate cu talcul de la Hunedoara.

21.04. *Mircea Barosu* — Paste active pentru electrozii acumulatoarelor alcaline cadmiu-nichel de tipul Junger.

21.05. Dr. ing. *S. Cedighian* — Realizarea magneţilor permanenţi din aliaje metalice şi folosirea lor în industria electrotehnică.

21.06. Ing. *L. Lichtenbaum* — Calitatea micii romineşti şi produsele fabricate din mică.

21.07. Ing. *Al. Nedescu* şi ing. *L. Lichtenbaum* — Fabricarea lacurilor electroizolante în R.P.R. şi caracteristicile lor.

21.08. Ing. *Theobald Schneier* — Magneţi permanenţi pe bază de ferită de bariu.

21.09. Ing. *Vasile Ivascu*, conf. univ. *M. Rosenberg* şi ing. *Valentin Tanach* — Contribuţii la studiul magneţilor permanenţi pe bază de ferită de bariu.

Grupa II. Maşini electrice

21.01. Tehn. *Wilhelm Bauman* şi ing. *Mircea Dimboiu* — Transformator de sudură cu arc bobinat cu aluminiu.

22.02. Ing. *Mihu Bîrgăuanu* — Generator sincron cu undă de tensiune sinusoidală.
22.03. Ing. *Victor Crăciunoiu* — Instalaţii moderne de impregnare a maşinilor electrice proiectate în ţară.
22.04. Prof. *Matei Marinescu* — Asupra maşinilor electrice percutante realizate în Institutul de energetică al Academiei R.P.R. şi aplicaţiile în tehnică.
22.05. Ing. *Valer Liuba* — Despre protecţia contra exploziilor a utilajului electric.
22.06. Ing. *Anghel Vasilescu* — O metodă de calcul pentru determinarea condiţiilor de încercare la transformatoarele de putere.
22.07. Ing. *Victor Bunea* — Probleme practice la execuţia unui generator de 8 000 Hz.
22.08. Ing. *Ion Crişan* — Asupra nivelului actual al tehnologiei de fabricaţie a motoarelor electrice asincrone.
22.09. Ing. *Henry Aslan* şi Cand. Şt. Tehnice *Alex. Fransua* — O nouă maşină universală, fără înfăşurare pe stator.

Grupa III. **Aparate electrice**

23.01. Ing. *Adrian Bercu* — Condensatoare pentru îmbunătăţirea factorului de putere realizate în cadrul Institutului de cercetări şi proiectări electrotehnice.
23.02. Ing. *M. Huhulescu* — Seria de întreruptoare automate antigrizutoase.
23.03. Ing. *Dan Oncica* şi ing. *Dragoş Simulescu* — Seria unitară de întreruptoare automate de joasă tensiune.

Grupa IV. **Măsurători electrice.**

24.01. Prof. dr. ing. *Plautius Andronescu* — Consideraţii critice cu privire la sensibilitatea punţii Wheatstone.
24.02. Prof. dr. ing. *Aurel Avramescu*, Ing. *Gh. Popescu* şi Ing. *D. Mehedinţi* — Instalaţie pentru încercarea magneţilor permanenţi.
24.03. Lector ing. *A. Semlyen* — Contramagnetizarea cu defazare, o nouă metodă de compensare a erorii transformatoarelor de curent.
24.04. Ing. *Ovidiu Centea* şi ing. *Viorel Micloşi* — Analizor armonic.
24.05. Ing. *Marius Preda* şi ing. *C. Ambrozie* — Probleme referitoare la măsurarea energiei reactive şi a factorului de putere mediu în reţelele trifazate.

Grupa V. **Electrovid.**

25.01. Ing. *D. Savopol* — Micşorarea tensiunii de aprindere a lămpilor cu neon.
25.02. Ing. *C. Mozes* — Obţinerea sticlelor mate pentru lămpi cu incandescenţă.
25.03. Ing. *Al. Roth* — Metodă de proiectare a dimensiunilor spiralelor duble.
25.04. Ing. *Al. Roth* şi Ing. *A. Berman* — Calculul grafic al instalaţiilor cu lămpi pentru radiaţii infraroşii.
25.05. Dr. *Radu Grigorovici* şi Ing. *Al. Roth* — Stabilirea unui indice de calitate a firelor de wolfram pentru spiralizare.
25.06. *Gh. Macrin* şi *C. Crupenschi* — Noi sticle pentru electrovid folosite în R.P.R.
25.07. Ing. *A. Berman* — Asupra depunerii metalelor prin evaporare în vid.
25.08. Ing. *N. Predoleanu* — Studiu comparativ asupra indicilor de calitate a lămpilor cu incandescenţă folosite în străinătate şi în R.P.R.
25.09. *Paul Negoianu* — Asupra dimensionării lămpilor stabilizatoare de curent Fe-M.

Grupa VI. **Electrotehnologie**

26.01. Ing. *Gh. Macrin* — Protecţia anticorosivă a soclurilor de oţel pentru lămpile electrice.

Secţia III. TELECOMUNICAŢII, ELECTRONICĂ ŞI AUTOMATIZĂRI

Grupa I. **Telecomunicaţii**

31.01. Ing. *Constantin Frimu* şi Ing. *C. C. Popescu* — Metode de traversare a cursurilor de apă cu linii t.c.
31.02. Ing. *Aurel Petcu* — Consideraţii cu privire la tipul de centrală telefonică automată pentru reţelele urbane din R.P.R.
31.03. Ing. *Iulius Rodan* — Problema stîlpilor în liniile de telecomunicaţii.
31.04. Ing. *Ionel Roth* — Tehnica radioreleelor şi introducerea ei în R.P.R.

Grupa II. **Electronică**

32.01. Ing. *Marius Steru* — Un nou tip de aparat electronic pentru măsurarea rapidă a umidităţii cerealelor şi a altor produse.
32.02. Ing. *Egon Hoppe* — Teletermometru pentru controlul centralizat al temperaturilor pînă la 150°C.
32.03. *Aurel Moraru* şi *M. Popov* — Transfermetrul cu tub catodic

Grupa III. **Automatizări**

33.01. Ing. *Nicolae Ştefănescu* — Perspectivele reglării automate a parametrilor maşinilor electrice cu sisteme discontinue prin impuls, în R.P.R.
33.02. Ing. *Gheorghe Ioanin* — Automatizarea discontinuă în lumina algebrei schemelor cu contacte şi relee.

СОДЕРЖАНИЕ

Д. К. 621.3 : 061.3 (R).

Первая конференция электротехнических работников из Р.Н,Р. 11—14-го ноября, 1957 года.

Electrotehnica V (1957), 10, стр. 308

Д. К. 628.9.

Для улучшения светотехники в Р.Н.Р.

Electrotehnica V (1957), 10, стр. 309

Д. К. 628.971.7 : 79.093.5.

Schapira W. и *Militaru P.*

Установки для ночного освещения стадионов. Установка спроектированая для стадиона « Республики » из Бухареста.

Electrotehnica V (1957), 10, стр. 310

Описывается спроектированная установка для ночного освещения стадиона „Республики" из Бухареста. Приведены также технические данные осветительных установок для других 21 стадионов и указаны принятые решения.

Д. К. 683.853 : 628.94 : 666.2.

Ionescu E.:

Плоское призматическое стекло для светильников.

Electrotehnica V (1957), 10, стр. 323

Приведены уравнения преломления лучей света в стеклянных призмах. Описаны различного рода стеклянные призмы. Показаны преимущества этих призм для производства светильников использованых в музеях, на выставках, и т. д. Дано оригинальное решение для создания светильника из чистого призматического стекла.

Д. К. 628.93 : 621.327.43.

Nahmias G. и *Rozenberg N.;*

О недостатков осветительных установок с флуоресцентами лампами.

Electrotehnica V (1957), 10, стр. 328

В статье анализируются причины недостатков некоторых осветительных флуоресцентных установок и показывается что они происходят от несоблюдения ряда условий наложеных механизмом врения. При соблюдении этих условий флуоресцентное освещение становится оптимальным способом освещения.

Д. К. 621.326.72.032.18.

Grigorovici R. и *Roth. A.:*

Метод проектирования ламп накаливания с инертными газами.

Electrotehnica V (1957), 10, стр. 337

Излагается метод проектирования специальных типов ламп накаливания. Метод основан на экспериментальные данные полученые производительной фабрикой и начинает проектирование от основных данных лампы как температура нити, световая эффективность и т. д.

Д. К. 621.326·72.032.184.

Ionescu E. и *Sebestyen E.:*

Лампы накаливания с криптоном.

Electrotehnica V (1957), 10, стр. 343

Показаны преимущества ламп накаливания с криптоном для народного хозяйства. Даны методика расчета и технология производственного процесса.

РЕФЕРАТЫ, стр. 347
РЕЦЕНЗИЙ, стр. 349
ХРОНИКА, стр. 349

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.3 :061.3 (R)

Der erste Kongress der Elektrotechniker der R.V.R.

Electrotehnica, V(1957)H. 10, S. 308

DK 628.9

Für eine Verbesserung der Beleuchtung in der R.V.R.

Electrotehnica, V(1957)H. 10. S. 309

DK 628.971.7 : 79.093.5

Schapira W. und Militaru P.:

Anlagen zur nächtlichen Beleuchtung der Stadione. Die Darstellung der projektierten Installation für das Stadion der Republik aus Bukarest

Electrotehnica, V(1957)H. 10, S. 310

Es wird die Beleuchtungsanlage für Nachtspiele beschrieben, die für das Republikstadion in Bukarest ausgeführt werden soll.

DK 683.853 : 628.94 : 666.2

Ionescu E.:

Flaches Prismenglas für Beleuchtungskörper

Electrotehnica, V(1957)H. 10, S. 323

Der Artikel behandelt das Problem der Lichtbrechung in den Glasprismen durch Angabe der entsprechenden Gleichungen. Es werden verschiedene Glasprismen beschrieben und die grossen Vorteile gezeigt, welche diese Prismengläser für die Herstellung gewisser Beleuchtungskörper für Kommandoräume, Musäen, Ausstellungen u.s.w. darstellen.

DK 628.93 :621.327.43.

Nahmias G. and Rosenberg N.:

Uber das Problem der Mängel von Beleuchtungsanlagen mit Entladelampen.

Electrotehnica, V(1957)H. 10, S. 328

Der Artikel untersucht die Gründe für die Mängel gewisser Beleuchtungsanlagen mit Entladelampen und zeigt dass diese Mängel von der Nichtbeachtung einer Reihe von Bedingungen herstammen, die von dem Sehmechanismus gestellt werden. Es wird gezeigt dass die Beleuchtungsanlagen mit Entladelampen hinsichtlich des Entwurfes und des Betriebes anspruchsvoller sind als diejenigen mit Glühlampen, dass aber die erwähnten Mängel leicht vermieden werden können, mit Rücksicht darauf dass heutzutage die Entladebeleuchtung in den meisten Fällen die Bestlösung darstellt um dem Auge die vorteilhaftesten Arbeitsbedingungen zu gewähren.

DK 621.326.72.632.18

Grigorovici R. und Roth A.:

Entwurfsmethode für die mit unbrennbaren Gasen gefüllten Glühlampen

Electrotehnica, V(1957)H. 10, S. 337

Die Verfasser stellen eine Methode dar zum Entwurf gewisser Spezialglühlampen, deren Charakteristiken von denen der (normalen) Serienglühlampen verschieden sind. Der Vorteil der Methode liegt in der Tatsache dass das projektierende Institut als Grundlage seine eigene weitgehende Erfahrung mit den in Reihe hergestellten Lampen ausnutzt und dadurch sein wirkliches Fabrikationsniveau wiedergibt.

DK 621.326.72.032.184

Ionescu E. und Sebestyén E.:

Kryptonlampen

Electrotehnica, V (1957)H. 10 S. 343

Es werden die Vorteile gezeigt, welche für die Nationalwirtschaft bei Verwendung der mit Krypton gefüllten Glühlampen entstehen. Es werden die zur Projektierung notwendigen Berechnungen angegeben und dann wird der technologische Fabrikationsprozess beschrieben.

REFERATE, S. 347
UMSCHAU, S. 349
CHRONIK, S. 349

SOMAIRE

CD 621.3 :061.3(R)
La première conférence des électriciens de la République Populaire Roumaine, 11—14 Novembre 1957
Electrotehnica, V(1957) no. 10, p. 308

CD 628.9
Pour L'amélioration de l'éclairage dans la République Populaire Roumaine
Electrotehnica, V(1957)no. 10, p. 309

CD 628.971.7 :79.093.5
Schapira W. et Militaru P. :
Installation pour l'éclairage nocturne des terrains sportifs. Présentation d'un projet d'éclairage pour le stade de la République de Bucarest.
Electrotehnica, V(1957)no. 10, p. 310

On décrit l'installation d'éclairage pour jeux nocturnes prévue pour le stade de la République de Bucarest.

CD 683.853 :628.94 :666.2
Ionescu E. :
Le verre plan prismatique utilisé pour appareils d'éclairage
Electrotehnica, V(1957)no. 10, p. 323

On étudie le problème de la réfraction de la lumière dans les prismes de verre, en indiquant les équations correspondantes. On décrit plusieurs verres prismatiques, en soulignant les avantages de leur utilisation dans les appareils d'élairage des chambres de commandes, des musées, des expositions etc.

CD 628.93 :621.327.43
Nahmias G. et Rosenberg N. :
Sur les insuffisances des installations d'éclairage aux lampes fluorescentes
Electrotehnica, V(1957) no. 10, p. 328

L'article analyse les causes des insuffisances de quelques instalations d'éclairage à fluorescence, en prouvant qu'elles proviennent de la mésestimation des conditions requises par le mécanisme de la vue. Les installations d'éclairage à fluorescence demandent un calcul et une exploitation plus soignés que celles à lampes à incandescence, mais les insuffisances signalées peuvent assez facilement être évitées, l'éclairage à fluorescence représentant aujourd'hui généralement la solution optime pour les conditions de travail de l'oeil.

CD 621.326.72.032.18
Grigorovici R. et Roth A. :
Méthode de calcul des lampes à incandescence remplies de gaz inerts
Electrotehnica, V(1957)no. 10, p. 337

Les auteurs exposent une méthode de calcul des lampes à incandescence (speciales) dont les caracteristiques diffèrent de celles des lampes de grande série (normales). L'avantage de la méthode résulte de l'utilisation de la riche expérience du producteur lui-même, obtenue par la fabrication des lampes de grande série, la méthode correspondant ainsi au niveau technique réel de la fabrication.

CD 621.326.72.032.184.
Ionescu E. et Sebestyen E. :
Lampes à incandescence à Krypton
Electrotehnica, V(1957)nr. 10, p. 343

On décrit les avantages pour l'économie nationale de l'utilisation des lampes à incandescence remplies de krypton. On donne des indications de calcul et on décrit le procès technologique de fabrication.

DOCUMENTATION, p. 347
COMPTES-RENDUS, p. 349
CHRONIQUE, p. 349

CONTENTS

DC 621.3 :061.3 (R)
First Conference of the electricians of the Rumanian People's Republic to take place on November 11—14, 1957
Electrotehnica, V(1957)no. 10, p. 308

DC 628.9
For an improvement of the illumination in the Rumanian People's Republic
Electrotehnica, V(71957) nr. 10, p. 309

DC 628.971.7 :79.093.5
Schapira W. and Militaru P. :
Night lighting installations of stadia. Presentation of the installation designed for the Republic's Stadium at Bucharest
Electrotehnica, V(1957)no. 10, p. 310

The lighting installation for night-time plays provided for the „Republic's Stadium" at Bucharest is described.

DC 683.853 :628.94 :666.2
Ionescu E. :
The plane prismatical glass used for illuminating bodies
Electrotehnica, V(1957)no. 10, p. 323

The paper deals with the refraction problem of light in glass prisms and gives the respective equations. Several glass prisms are described pointing out the utility of these glasses in performing illuminating bodies for control chambers, museums, shows and so on.

DC 628.93 :621.327.43
Nahmias G. and Rosenberg N. :
On the problem of the deficiencies of some lighting installations with fluorescent lamps
Electrotehnica, V(1957)no. 10, p. 328

The survey of the deficiencies of some fluorescent lighting installations shows that deficiencies arise from the disregard of certain conditions required by the mechanism of vision. Physiological problems are different from those encountered with incandescent lighting, but they can easily mastered, fluorescent lighting representing in most cases the best solution with respect to visual conditions.

DC 621.326.72.032.18
Grigorovici R. and Roth A. :
Method for designing incandescent lamps filled with inert gases
Electotehnica, V(1957)no. 10, p. 337

The authors expose a design method for (special) incandescent lamps the characterics of which differ from those of the current ones, fabricated in large series. The advantage of the described method consists in the fact that it uses as a basis, the rich experience, achieved by the designing undertaking itself, with regard of lamps produced in large series and, this way, reflects the real technical manufacturing level.

DC 621.326.72.032.184
Ionescu E. and Sebestyn E. :
Incandescent lamps with krypton
Electrotehnica, V(1957)no. 10, p. 343

The advantages for the national economy in using krypton filled incandescent lamps are outlined. The necessary design calculations are given and their technological manufacturing process is described.

ABSTRACTS, p. 347
BOOK REVIEWS, p. 349
CHRONICLE, p. 349

Országos Műszaki Könyvtár BUDAPEST

ILUMINAT ELECTRIC 628.9

Sokolov M. V. : CZ 628.971.7
Iluminatul şantierului Hidrocentralei de la Kuibişev. Svetotechnika, (1957)1, p. 3—8.

Ligotki L. P. : CZ 621.315.668.3 :628.9
Încă o dată despre stîlpii de beton pentru reţelele şi aparatele de iluminat. Svetotechnika, (1957)1, p. 25—26.

Borisov S. V. şi Ragulin G. I. : CZ 621.327.312
Lămpi cu vapori de mercur de mare presiune corijate. Svetotechnika (1957)2, p. 1—4.

Zilber D. A. : CZ 613/614 :628.93
Unele probleme ale igienei iluminatului. Svetotechnika (1957)2, p. 5—9.

Koinev S. A. şi Mihailova V. N. : CZ 628.972.7
Iluminatul electric al palatului sporturilor. Svetotechnika (1957)3, p. 3—6.

Riabov M. S. : CZ 658.525 : 628.93
Despre revederea normelor de iluminat electric. Svetotechnika (1957)3, p. 7—11.

Dadiamov M. S. : CZ 628.172.4
Calculul iluminatului cu proiectoare. Svetotechnika (1957)3, p. 19—21.

Klinev S. A. : CZ628.9 1.8
Cîteva probleme în legătură cu economia iluminatului exterior al consumatorilor industriali. Svetotechnika (1957)4, p. 1—5.

Dadiamov M. S. : CZ 628.972.4 :628.971.8
Alegerea poziţiei proiectoarelor pentru iluminatul terenurilor deschise. Svetotechnika, (1957)4, p. 6—8

Railelski L. A. : CZ 621.315.668.3 :628.9
Utilizarea stîlpilor de beton pentru reţelele şi aparatele de iluminat. Svetotechnika, (1957)4, p. 24—26.

Obolenţev Iu. B. : CZ 628.972.6 :621.316.262
Iluminatul electric al staţiilor de transformare (proiect tip). Svetotechnika, (1957)5, p. 10—13.

Balaşinski B. L. : CZ 658.516 :621.32
Standardizarea surselor luminoasse. Svetotechnika, (1957)6, p. 5—7.

Moreen L. : CZ 658 :516 :621.327.3 :535.371
Normalizarea internaţională a echipamentului auxiliar al lămpilor fluorescente. Svetotechnika, (1957)6, p. 8—10.

Botchic L. A. şi Zogulia M. L. : CZ 658.516 :628.94
Despre standardizarea aparatelor pentru instalaţiile de iluminat. Svetotechnika, (1957)6, p. 26—30.

Epaneşnikov M. M. : CZ 628.94
Principiile de construcţie şi calcul ale aparatelor de iluminat cu difuzor în formă de grătar. Svetotechnika, (1957)6, p. 39—43.

Aizenberg I. B. şi Bogoliubov A. L. :
CZ 628.94 :628.9.03.057
O nouă serie de aparataje de iluminat fluorescent pentru iluminat industrial. Svetotechnika, (1957)6, p. 43—48

Rosenthal E. S. : CZ 628.94
Noi aparate electrice pentru instalaţiile de iluminat. Svetotechnika, (1957)6, p. 48.

Knoning S. M. : CZ 628.94 :628.972.6
Despre construcţia raţională a aparatelor de iluminat urmînd a fi utilizate în încăperi cu medii vătămătoare Svetotechnika, (1957)7, p. 10—12.

Sasorov V. P. : CZ 621.327.3 :535.31
Despre economicitatea şi durata de viaţă a lămpilor fluorescente. Svetotechnica, (1957)7, p. 23—38.

Noel N. B. şi Marlt E. C. : CZ 621.327.3
Efectul variaţiei parametrilor de exploatare asupra performanţelor lămpilor cu vapori de mercur. Ill. Engng. 51(1956)7, p. 513—531.

Harvey G. C. şi Strecker C. E. : CZ 621.327.3 :535.371
Factorii determinanţi ai duratei de funcţionare a bobinelor pentru lămpi fluorescente. Ill. Engng. 51(1956)8 p. 563—568.

---

* * * : CZ 658.516 :621.327.3 :535.371
Recomandările Societăţii de Tehnica Iluminatului (I.E.S.) privind încercările de durată ale lămpilor fluorescente. Ill. Engng. 51(1956)8, p. 595—596.

---

* * * : CZ 658.516 :621.327.3 :535.371
Recomandările Societăţii de Tehnica Iluminatului (I.E.S.) privind măsurătorile electrice ale lămpilor cu vapori de mercur. Ill. Engng. 51(1956)8, p. 597—599.

Dull R. B. şi Kemp J. G. : CZ 621.325
Lămpi cu are pentru iluminatul studiourilor de televiziune. Ill. Engng. 51(1956)10, p. 661—664.

Brown W. E., Woodland P. C. şi Lee R. J. :
CZ 621.315.616 :628.9
Folosirea materialelor plastice în tehnica iluminatului Ill. Engng 51(1956)11, p. 731—742.

Voung J. W. : CZ 628.971.6 :621.3273
Folosirea lămpilor cu descărcări la iluminatul străzilor Ill. Engng. 50(1955)1, p. 19—28.

Segal S. M. : CZ 628.9.03/4
Asupra izvoarelor de lumină de mare intensitate. Ill. Engng. 50 (1955)5, 259—262.

---

* * * : CZ 621.396.82 :621.327.3
Paraziţi radiofonici datoriţi lămpilor cu descărcări. Ill. Engng. 50(1955)8, p. 392—394.

---

* * * : CZ 628.972.7
Iluminatul halelor centralelor electrice. Ill. Engng. 50(1955)8, p. 395—403.

Destriau G. : CZ 628.9.035
Efectul electrozilor metalici diferiţi asupra undelor de strălucire în electro-luminescenţă. Ill. Engng. 51(1956) 2. p. 197—202.

Jerome W. Ch. : CZ 628.9.037
Efectul temperaturilor tubului de sticlă asupra parametrilor lămpii fluorescente. Ill. Engng. 51(1956)2, p. 205—213.

Summer T. Jr. : CZ 628.9.037
Armături fluorescente pentru suprafeţe înghetate. Ill. Engng. 51(1956)3, p. 261—266.

Christensen M. şi Foote A. G.: CZ 628.9.035.5
Dezvoltarea şi domeniile de aplicare ale lămpilor infraroşii cu cuarţ Ill. Engng. 51(1956)5, p. 377—3822

Lei 5

REFERALVA

Institut. de Documentare Tehnică
BUCUREȘTI
ОБМЕН - CSERE
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - СМЕНА

110
158

ELECTROTEHNICA

Országos Műszaki Könyvtár
TULAJDONA

11

Electrotehnica Anul V nr. 11 noiembrie 1957

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU, prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, prof. dr. ing. A. AVRAMESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R. (redactor responsabil), ing. V. BUNEA, laureat al Premiului de Stat, prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU, conf. ing D. DAMSKER, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. ST. GROSU, conf. ing. GH. HORTOPAN, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. G. LAZARIDE, prof. dr. ing. R. RĂDULET, membru corespondent al Academiei R.P.R. laureat al Premiului de Stat.

Recomandări privind întocmirea articolelor tehnico-științifice

1. *Lucrări ce pot fi prezentate spre publicare sînt: de importanță generală, tehnico-științifice speciale, teoretice sau experimentale și tehnice obișnuite.*
2. *Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învățămînt, producție, este condiția esențială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuție trebuie să se refere la probleme noi și actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde considerații privind eficiența economică a soluțiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.*
3. *Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.*
4. *Lucrări care au mai fost publicate integral sau parțial, nu pot fi trimise redacției spre publicare*
5. *Un scurt rezumat fixînd premizele de la care s-a pornit, problema studiată și cadrul în care este tratată, nedepășind 6—8 rînduri, se va anexa lucrării.*
6. *În introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei și în preocupările producției; de asemenea se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuția autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permițînd inteligibilitatea fără dificultăți a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstrații voluminoase; de asemenea se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată, sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.*
7. *Concluziile vor concentra rezultatele obținute cu indicarea limitei de valabilitate și aplicațiilor posibile.*
8. *Anexele pot cuprinde demonstrații originale sau absolut necesare înțelegerii formulelor din text; de asemenea în anexe se pot da exemple de calcul.*
9. *Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmațiile luate din alte lucrări și care nu sînt în general cunoscute.*
10. *Nivelul articolelor va fi înalt.*
11. *Dezvoltările matematice vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului. Pentru demonstrații se vor alcătui anexe.*
12. *Se recomandă o atenție deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grije literele majuscule, minuscule sau cele ruseți, romane, grecești, germane etc.*
13. *Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît și figuri sau tabele) speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale. Pentru cărți: numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet (eventual și tradus în paranteză), edifia, editorul, locul edității, anul. Pentru articole: numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus în paranteze), revista tomul, anul, numărul, paginile.*
14. *Scrisul la mașină al articolelor este recomandat cu insistență excepționîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură față, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.*
15. *Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicații.*
16. *Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. În notă se vor indica: titluri academice, funcțiuni, localitatea și adresa domiciliului, număr de telefon.*
17. *Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora de publicare.*
18. *Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 ore de la primire. Nu se admit modificări esențiale față de manuscris, în care caz ele cad în sarcina autorului.*

Revista „Electrotehnica", organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Grele Editor: Asociația Științifică a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. Redacția: București, Str. Ion Gnica nr. 3, telefon 3 57 28 — 3 07 30. Administrația și Casieria: București, Cal. Victoriei 118, telefon 4 06 24. Redacția își rezervă toate drepturile privind lucrările precum și materialul grafic-ilustrativ apărut în revistă cît și cele privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase, referate sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei. Revista apare lunar. Abonamentul anual: pentru întreprinderi lei 96 individual lei 30. Prețul unui exemplar: lei 5. Abonamentele se primesc la sediile administrației sau redacției; sus indicate. Tiparul: Întreprinderea Poligrafică nr. 3.București.

ELECTROTEHNICA

Anul V Nr. 11 noiembrie 1957

S U M A R

CZ 9(S)21.(067)

A 40-a aniversare a Marii Revoluții Socialiste din Octombrie
Electrotehnica, V (1957) 11, p. 353

CZ 621.3(083.72)
Terminologia electrotehnică în U.R.S.S. (din partea redacției revistei „Electrotehnica").
Electrotehnica, V (1957) 11, p. 355

CZ 621.3(083.72)
Extras din articolul „Terminologia electrotehnicii teoretice" de L. R. Neiman, membru corespondent al Academiei de Științe a U.R.S.S. („Electricestvo", 1957, 6).
Electrotehnica, V (1957) 11, p. 355

CZ 621.3(083.72)
Extras din textul introductiv „De la Comitetul de terminologie tehnică al Academiei de Științe a U.R.S.S." („Electricestvo" 1957, 6).
Electrotehnica, V (1957) 11, p. 358

CZ 621.3(083.72)
Terminologia electrotehnicii teoretice „Culegere" (traducere din „Electricestvo" 1957, 6).
Electrotehnica, V (1957) 11, p. 358

CZ 621.316.57.001.4
Horlopan Gh. :
Incercarea la puterea de rupere a întreruptoarelor de înaltă tensiune
Electrotehnica, V (1957) 11, p. 365
Sînt expuse problemele principale legate de schemele și utilajul stațiilor de încercare la puterea de rupere. O deosebită atenție se acordă realizărilor sovietice în acest domeniu.

CZ 621.313.32.072.9
Nedelcu V. :
Cuplul electromagnetic dezvoltat de mașina sincronă în regimul conectării la rețea prin metoda autosincronizării
Electrotehnica, V (1957) 11, p. 371
Se deduce expresia cuplului electromagnetic al mașinii sincrone în regimul conectării la rețea prin autosincronizare în ipoteza că alunecarea motorului este constantă și că mașina are înfășurări de amortizare pe ambele axe.

CZ 621.316.5.064.4
Predoiu A. :
Studiul cu ajutorul oscilografului și al fotografierii rapide, a procesului de stingere a arcului electric la aparatele de joasă tensiune
Electrotehnica, V (1957) 11, p. 375
Se expune pe scurt metoda lui O. B. Bron pentru studiul stingerii arcului în aparatele de joasă tensiune. Sînt prezentate instalația realizată la fabrica „Electroaparataj" și rezultatele obținute cu această instalație.

CZ 621.331 :625.1
Hardt M. :
Electrificarea căilor ferate din U.R.S.S.
Electrotehnica, V (1957) 11, p. 382
Sînt schițate căile generale pe care se dezvoltă electrificarea căilor ferate în U.R.S.S.

NOTE

CZ 621.3 :061.6(S)
Horlopan Gh. :
Institutul Electrotehnic Unional „V. I. Lenin"
Electrotehnica, V (1957) 11, p. 387

REFERATE, p. 388
CRONICĂ, p. 391

TRANSELEKTRO

Aparate pentru încercarea la străpungere a uleiului

Aparataj indispensabil pentru asigurarea funcționării continue a transformatoarelor de înaltă tensiune și a întreruptoarelor de mare putere.

Manipulare ușoară, greutate mică, metodă de măsurare rapidă și precisă, siguranță în funcționare, sînt caracteristicile principale ale aparatelor noastre.

TRANSELEKTRO

INTREPRINDERE MAGHIARĂ DE COMERȚ EXTERIOR PENTRU PRODUSE ELECTRICE

ADRESA: EUDAFESTA 62, CĂSUȚA POȘTALĂ 377
TELEGRAME: TRANSELEKTRO BUDAPESTA

TRANSELEKTRO

Országos Műszaki Könyvtár TULAJDONA

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ȘI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI GRELE

Anul V | Nr. 11 | București, noiembrie 1957

A 40-a aniversare a Marii Revoluții Socialiste din Octombrie

„Comunismul este puterea sovietică plus electrificarea întregii țări" — Lenin

CZ 9 (S)21(067)

La 7 Noiembrie se împlinesc 40 de ani de la izbucnirea Marii Revoluții Socialiste din Octombrie, revoluție prin care pentru prima dată în istoria lumii, puterea a trecut definitiv în mîinile muncitorilor și țăranilor. În cursul acestor 40 de ani, popoarele sovietice sub conducerea înțeleaptă a P.C.U.S. au realizat un progres uriaș în ciuda războiului civil și a celui de-al doilea război mondial. Statul sovietic s-a întărit mereu atît din punct de vedere politic cît și din punct de vedere economic, Uniunea Sovietică devenind astăzi, în urma ultimilor succese înregistrate pe plan politic, tehnic și științific una din cele mai mari puteri ale lumii. Alături de Uniunea Sovietică s-a cimentat marea familie a statelor socialiste care s-au desprins din lanțul capitalismului după cel de-al doilea război mondial.

În această vertiginoasă ascensiune spre comunism un rol substanțial l-a jucat introducerea tehnicii înaintate în procesele de producție. După cum se știe, tehnica înaintată este strîns legată de electrificare și prin aceasta de progresele în domeniul electrotehnicii și energeticii. De acest lucru și-a dat seama de la început încă Lenin. Cu o clarviziune genială el a arătat importanța covîrșitoare a electrificării pentru crearea bazei tehnico-materiale a societății comuniste. Astfel s-a născut ideea primului plan de stat pentru electrificarea Rusiei — planul GOELRO. Rusia prerevoluționară deținea locul al 15-lea în lume în domeniul producției de energie electrică iar industria electrotehnică era foarte slab dezvoltată; puterea totală a centralelor abia depășea 1 000 MW iar producția de energie electrică era aproximativ 2 milioane MWh. Planul GOELRO era calculat pentru o perioadă de 10—15 ani și prevedea construirea a 30 de centrale electrice cu o putere de aproximativ 2 000 MW care urmau să sporească producția de energie electrică la peste 8 milioane de MWh. După expresia lui Lenin acest plan a devenit „al doilea program al partidului" și în 15 ani a fost depășit de 3 ori, iar în 1950, U.R.S.S. devenea prima țară din Europa și a doua din lume în ce privește producția de energie electrică.

În 1957 centralele electrice ale Uniunii Sovietice vor da în total 210 milioane MWh adică de 105 ori mai mult decît în 1913, iar în ultimul an al actualului cincinal producția de energie electrică va atinge cifra de 320 milioane MWh, ceea ce reprezintă aproximativ 36 de planuri de amploarea planului GOELRO. Numai în acest an a intrat în funcțiune cea mai mare centrală hidroelectrică din lume, centrala de la Kuibîșev, pe Volga, avînd 20 de agregate cu o putere instalată de 2 100 MW care va produce anual 11 milioane de MWh adică de 5 ori producția întregii Rusii prerevoluționare.

Hidrocentrale uriașe sînt în construcție pe fluviile Enisei și Angara. Cascada de hidrocentrale de pe Angara va avea circa 10 000 MW și va produce aproximativ 70 milioane de MWh anual. Resursele potențiale ale fluviului Enisei sînt duble față de cele ale fluviului Angara.

Paralel cu construirea centralelor hidroelectrice se desfășoară construcția și proiectarea centralelor termoelectrice și atomoelectrice. După cum se știe Uniunea Sovietică este prima țară din lume în care s-a pus în funcțiune o centrală atomoelectrică de 5 000 kW.

În prezent se construiesc centrale atomoelectrice de puteri și mai mari în partea europeană a U.R.S.S. și în Siberia.

În cursul celui de-al 6-lea plan cincinal o deosebită atenție se va acorda construcției liniilor de înaltă și de foarte înaltă tensiune. Se vor construi aproximativ 6 000 km de linii.

Utilarea tuturor acestor centrale, linii și stații a necesitat crearea unei industrii electrotehnice corespunzătoare. Producerea puterilor mari a necesitat crearea de hidro și turbogeneratoare în unități de mare putere. Folosirea tensiunilor înalte și foarte înalte de curent continuu și curent alternativ pentru transmisia pe linii a energiei

electromagnetice a necesitat construirea transformatoarelor de înaltă tensiune și de mare putere, a întreruptoarelor de înaltă tensiune și cu mare putere de rupere, a redresoarelor, descărcătoarelor, izolatoarelor etc.

Reunirea sistemelor electroenergetice în mari sisteme energetice a necesitat un studiu aprofundat al stabilității sistemelor, o perfecționare a aparatajului de telemăsuri, telecontrol și telecomandă.

În acest scop în anii puterii sovietice au luat ființă mari fabrici producătoare de utilaj electrotehnic ca „Electrosila" din Leningrad și „Uralelectroaparat" din Urali, HEMZ din Harcov, institute de cercetări ca V.E.I. (Institutul electrotehnic unional) etc.

Organizarea rațională și planificată a producției a contribuit la o creștere apreciabilă a volmului produselor electrotehnice fabricate în Uniunea Sovietică. Realizarea electrificării pe scară uriașă a necesitat o creștere medie a producției electrotehnice în 1957 cu 18 % mai mare decît în 1956. Astfel în comparație cu 1956 sînt prevăzute în 1957 următoarele creșteri ale producției pe ramuri mari de sortimente: cu 25 % la mașini electrice de mare putere, cu 36,4 % la motoare electrice antigrizutoase, cu 33,8 % la motoare electrice de macara, cu 24,6 % la redresoare metalice cu mercur, cu 29,2 % la locomotive electrice de mare trafic, cu 48,8 % la condensatoare statice, cu 64,6 % la motoare electrice trifazate, cu 19,8 % la instrumentele de măsură, cu 31,6 % la acumulatoare alcaline, cu 266,3 % la utilaj pentru locomotive electrice și cu 378,5 % la panouri de comandă și control. Această ultimă cifră este grăitoare în privința ritmului pe care l-au luat automatizările în Uniunea Sovietică.

În creșterile reflectate de cifrele de mai sus sînt incluse și realizările de mașini noi care necesită o înaltă tehnicitate. Astfel a fost fabricat cu succes primul prototip al unui turbogenerator de 200 MW și s-a elaborat proiectul tehnic al turbogeneratorului de 300 MW. Sînt în curs de fabricație 8 serii noi de mașini electrice de curent continuu și alternativ, cuptoare electrice de 80 t, noi serii de aparate de joasă tensiune etc.

Toate aceste succese a căror enumerare nu a fost nici pe departe epuizată sînt un rezultat direct al victoriei Marii Revoluții din Octombrie și constituie prinosul poporului sovietic în cinstea acestei aniversări. La ele au contribuit muncitorii, tehnicienii și inginerii din uzine, institute de cercetări, institute de proiectări și de pe șantiere.

Pentru asigurarea acestui personal calificat a fost necesară o largă rețea de instituții de învățămînt tehnic mediu și superior. În această privință Uniunea Sovietică a întrecut cu mult toate țările capitaliste. Școala electrotehnică de la Moscova, cea de la Leningrad și altele constituie nuclee de înaltă valoare științifică. Numele unor savanți ca Mitchevici, Șatelen, Crijanovski, Calantarov, Grug, Costenko, Petrov, Postnikov, Neiman, Gorev au trecut de mult granița Uniunii Sovietice și sînt cunoscute în lumea întreagă.

Dezvoltarea vertiginoasă a științei și industriei electrotehnice a antrenat și dezvoltarea mlădițelor lor mai tinere, electronica și automatica.

Pentru a ilustra nivelul care a fost atins în această dezvoltare este suficient să amintim realizarea rachetei balistice intercontinentale și lansarea primului satelit artificial, realizări care necesită dispozitive automate de calcul, comandă și control de înaltă precizie.

Șirul realizărilor care au contingență directă sau indirectă cu electrotehnica este departe de a fi epuizat. Am încercat să le prezentăm pe cele mai grandioase și mai semnificative pentru a ilustra ce a însemnat Revoluția din Octombrie pentru dezvoltarea electrotehnică a Rusiei.

Alături de Uniunea Sovietică, țările lagărului socialist și întreaga clasă muncitoare mondială sărbătoresc această mare aniversare. Statul nostru democrat popular a cărui apariție a fost posibilă tocmai datorită victoriei Marii Revoluții, ia parte la această măreață sărbătoare. Poporul nostru consideră această aniversare o zi de trecere în revistă a succeselor obținute pe drumul construirii socialismului. Este suficient să amintim cîteva din ele care au legătură directă cu electrificarea.

Construcția hidrocentralei „V. I. Lenin" de la Bicaz, a termocentralelor de la Doicești, Paroșeni, Filipeștii de Pădure, Sîngiorgiu, Ovidiu II etc., construirea fabricilor „Electroputere", „Electroaparataj", „Clement Gotwald" și altele sînt realizări care oglindesc influența binefăcătoare a Marii Revoluții la noi în țară.

De aceea electricienii romîni alături de întregul popor muncitor al patriei noastre cinstesc această mare aniversare, cinstesc P.C.U.S. și numele conducătorilor lui, cinstesc numele lui Lenin, făuritorul partidului și conducătorul revoluției, cinstesc P.M.R. și pe conducătorii săi care ne conduc pe calea trasată de Lenin.

Trăiască a 40-a aniversare a Marii Revoluții Socialiste din Octombrie!

TERMINOLOGIA ELECTROTEHNICĂ IN U.R.S.S.

Din partea redacției revistei „Electrotehnica"

CZ 621.3(083.72)

Publicăm mai jos, în traducere, „Terminologia electrotehnicii teoretice" — versiunea sovietică oficială, aprobată de Comitetul de terminologie tehnică al Academiei de Științe a U.R.S.S., pentru denumirile și definițiile conceptelor din domeniul electromagnetismului.

Redacția atrage atenția asupra dificultăților deosebite care apar la traducerea (din orice limbă) a unei lucrări cu caracter oficial (de standard), cum este un sistem terminologic. Problema principală care se pune într-un astfel de caz este necesitatea de a se asigura atît respectarea scrupuloasă a textului original, cît și expunerea cît se poate de clară a materialului tradus. Această din urmă condiție impune, după cum se știe prea bine, abateri sintactice și stilistice de la textul original, cu atît mai mult în cazul de față, cînd avem de-a face cu formulări tehnico-științifice, care în limba română au uneori structuri cu totul deosebite de expresiile rusești corespunzătoare.

De aceea, pare indicat să se precizeze unele principii care au fost puse la baza redactării versiunii românești a terminologiei electrotehnice sovietice.

1. În general, s-a tins către o traducere textuală, cît mai apropiată de textul original. Numai cînd respectarea întocmai a acestuia ar fi condus la redactări încîlcite sau neinteligibile, forma enunțărilor a fost modificată (de exemplu, în cazul definițiilor lungi, fraza a fost împărțită în propoziții interdependente).

2. Într-un număr limitat de cazuri s-au dat între paranteze patrate [ ] explicații sau precizări, care în original pot lipsi fără vreun neajuns, însă în traducere sînt necesare pentru înțelegerea textului. Toate celelalte observații, închise între paranteze rotunde ( ) aparțin textului original.

3. Denumirile termenilor au fost traduse în general textual. Aceasta s-a făcut chiar acolo unde traducerile textuale ale termenilor nu corespund terminologiei românești actuale, însă numai dacă în felul acesta nu se creează confuzii. De exemplu, termenii 30 și 80 apar cu denumirile „constantă electrică", respectiv „constantă magnetică", cu toate că aceste mărimi sînt denumite în lucrările românești „permitivitatea vidului", respectiv „permeabilitatea vidului".

În toate cazurile, cînd traducerile textuale ar fi fost susceptibile de interpretări eronate, s-au folosit expresiile românești normale (uzuale); astfel, mărimile definite la 169—174 și altele de aceeași natură au fost denumite „impedanță", „admitanță", „reactanță" etc., cu toate că acești termeni sînt prezentați în textul original ca nerecomandați. (În legătură cu aceasta a se vedea discuția din revista „Electrotehnica", 1953, nr. 11—12 cu privire la textul proiectului sovietic de terminologie a electrotehnicii teoretice).

În toate cazurile menționate aici (atît traducerile textuale ale expresiilor rusești prin termeni neuzuali în limba română cît și traducerile unor termeni prin expresii nerecomandate în textul sovietic), se dau la sfîrșitul terminologiei note explicative, numerotate cu cifre arabe (notele marcate cu asterise aparțin textului original).

4. Dificultăți speciale se întîlnesc la traducerea unor anumiți termeni, cum este de exemplu, termenul rusesc „veșcestvo", care înseamnă „substanță" sau „materia corpurilor". Termenul „substanță" cu care se traduce de multe ori expresia „veșcestvo" are un conținut mai restrîns, mai sărac și nu corespunde exact și complet expresiei originale. De aceea în versiunea de față a terminologiei electrotehnice ruse termenul „veșcestvo" s-a tradus prin „corp", expresie care se încadrează mai corect în accepțiunea românească.

5. Termenul rusesc „napravlenie" are uneori semnificația „direcție", alteori, „sens", iar în unele cazuri „direcție și sens"; traducerea s-a făcut de fiecare dată conform semnificației reale a termenului în definiția respectivă.

Comparînd culegerea terminologică publicată mai jos cu ultimul proiect, pe care Comitetul de terminologie tehnică al Academiei de Științe a U.R.S.S. l-a elaborat și supus (în anul 1953) discuției generale a electrotehnicienilor sovietici (a se vedea Electrotehnica, 1953, nr. 3—4), se constată îmbunătățiri însemnate în structura terminologiei (gruparea termenilor) și în conținutul definițiilor (reflectarea sensului fizic al mărimilor și noțiunilor definite). Participanții la discuții (revista „Electricestvo" a primit peste 400 de propuneri critice) și organele tehnico-științifice care au definitivat textul culegerii au privit sarcina ordonării sistemului terminologic al electrotehnicii cu foarte mare răspundere și au reușit să dea școlii electrotehnice ruse un auxiliar prețios în munca de propagare a cunoștințelor despre bazele teoretice și aplicațiile tehnice ale electromagnetismului.

Redacția revistei „Electrotehnica" își exprimă speranța că terminologia electrotehnică sovietică oficială va fi primită cu interes de electrotehnicienii din R.P.R. și va contribui la reluarea și mai ales definitivarea lucrărilor — momentan abandonate — de redactare (sub formă de STAS, ca și în alte domenii) a terminologiei electrotehnice științifice românești. Cadrele noastre de specialiști de înaltă calificare din acest domeniu oferă fără îndoială garanția că această problemă poate fi rezolvată cu succes.

Extrase din articolul „Terminologia electrotehnicii teoretice"

L. R. NEIMAN
membru coresp. al Academiei de Științe a U.R.S.S.

(„Electricestvo", 1957, 6)

CZ 621.3(083.72)

Terminologia electrotehnicii teoretice, recomandată de Comitetul de terminologie tehnică al Academiei de Științe a U.R.S.S. spre a fi folosită în cărțile științifice și tehnice, articolele și lucrările editate în limba rusă, este alcătuită atît pe baza lucrărilor cîtorva comisii științifice speciale, desfășurate în decursul a mai multor ani, cît și pe baza discuțiilor largi, purtate la diferite intervale de timp în paginile revistei „Electricestvo".

Extensiunea discuțiilor purtate face pe deplin întemeiată concluzia că culegerea publicată „Terminologia electrotehnicii teoretice" reflectă terminologia științifică rusă modernă referitoare la conceptele din domeniul științei despre fenomenele electromagnetice și din domeniul calculului dispozitivelor electromagnetice.

Construcția culegerii se bazează pe o serie de considerații principiale, care au fost puse în

evidență de analiza materialelor discuțiilor purtate. Aceste considerente principiale s-au oglindit atît în definițiile termenilor, cît și în ordinea grupării lor, adică au determinat atît diferitele detalii ale terminologiei, cît și structura ei principială.

Definițiile cantitative ale mărimilor electromagnetice fizice și ale parametrilor folosiți în calculul proceselor electromagnetice. Analiza materialelor discutate a arătat că este necesar să se trateze în mod diferit definițiile mărimilor fizice și de calcul pe de o parte și definițiile conceptelor referitoare la proprietățile corpurilor și la fenomenele fizice pe de altă parte.

Această diferențiere este legată de faptul că primele trebuie să conțină neapărat caracterizări cantitative, cu toate că pot cuprinde și caracteristici calitative, pe cînd ultimele nu pot conține caracterizări cantitative și, deci, trebuie să reprezinte numai descrierea calitativă a proprietăților sau fenomenelor considerate.

În privința părții cantitative a definițiilor mărimilor fizice și de calcul, trebuie să fie respectate cu rigurozitate următoarele condiții evidente :

a) fiecare mărime trebuie să fie definită numai prin intermediul mărimilor precedente, adică nu trebuie să existe cerc vicios ;

b) în definiție trebuie să fie cuprinse toate elementele necesare și în același timp numai cele suficiente ;

c) definițiile tuturor mărimilor trebuie să aibă o formă coerentă ;

d) definiția trebuie să redea sensul exact al mărimii definite.

În legătură cu condiția indicată la punctul (a) este necesar să se observe următorul fapt important. Fenomenele electromagnetice și mărimile fizice care le caracterizează nu pot fi reduse la fenomene și mărimi mecanice, deoarece în mecanică nu se examinează de loc laturile [aspectele] specifice ale fenomenelor electromagnetice. De aceea, pentru alcătuirea sistemului de mărimi care caracterizează fenomenele electromagnetice nu este suficient să se pornească de la trei mărimi fundamentale, de exemplu lungimea, masa și timpul, cum se dovedește a fi suficient pentru alcătuirea sistemului de mărimi mecanice. La acestea este necesar să se adauge o a patra mărime fundamentală, urmînd a se alege în acest scop una din mărimile electromagnetice. În sistemul propus de termeni și definiții, ca a patra mărime fundamentală, a fost luată sarcina electrică.

Firește, această mărime fundamentală nu poate fi definită prin intermediul altor mărimi electromagnetice cu ajutorul unor corelații analitice. În mod corespunzător, în definiția sarcinii electrice se poate spune doar că ea este determinată cantitativ de interacțiunea mecanică — în anumite condiții — dintre un corp încărcat și un alt corp, de asemenea încărcat. După alegerea unei mărimi electromagnetice ca mărime fundamentală, toate celelalte mărimi electromagnetice trebuie definite succesiv, cu ajutorul relațiilor matematice care exprimă diferite legi fizice, în așa fel, încît fiecare mărime electromagnetică următoare să fie definită numai prin mărimile precedente. Alegerea acestor legi fizice, prin urmare și succesiunea definirii mărimilor, sînt, într-o anumită măsură, arbitrare. Însă este necesar să se folosească corelațiile [analitice] cele mai importante, să se tindă către o structură cît mai unitară a întregului sistem de definiții și de asemenea către o simetrie cît mai mare posibilă a definițiilor termenilor înrudiți.

Caracterizarea calitativă a mărimilor electromagnetice fizice. În conformitate cu dolean̦țele exprimate în discuții, definițiile mărimilor fizice în terminologia elaborată conțin, de regulă, nu numai o parte cantitativă, ci și o caracterizare calitativă a acestor mărimi. Natural, condițiile enunțate mai sus la punctele (a) și (b)—condiții care rezultă din caracterul matematic al părților cantitative ale definițiilor — nu se extind asupra părților calitative. În partea calitativă a definiției pot fi cuprinse diferite trăsături care caracterizează sensul fizic al mărimii definite ; numărul acestor trăsături poate fi mai mare sau mai mic — rigurozitatea definiției nu suferă din această cauză. Însă este esențial să se aleagă un număr minim de trăsături, cele mai însemnate, care să deosebească mărimea considerată de altele.

În terminologia elaborată, în definițiile mărimilor fizice la început este enunțată partea calitativă, după care urmează partea cantitativă. Caracterizarea calitativă lipsește din definiție în cazurile cînd este evident că o astfel de caracterizare, conținută în definițiile mărimilor precedente se referă și la mărimea dată — de exemplu, dacă mărimea dată reprezintă un caz particular al mărimii precedente. Natural, caracterizarea calitativă lipsește în definițiile mărimilor și coeficienților nedimensionali, care se folosesc în metodele formale de calcul al dispozitivelor electromagnetice și circuitelor electrice.

Definițiile conceptelor referitoare la forma electromagnetică a materiei, la proprietățile electromagnetice ale corpurilor și la fenomenele electromagnetice. Definițiile termenilor care se referă la proprietățile electromagnetice ale corpurilor și la fenomenele electromagnetice, pot conține numai caracterizări calitative. De aceea, ele trebuie să cuprindă — ca și partea calitativă a definițiilor mărimilor electromagnetice fizice — cele mai însemnate trăsături distinctive [ale acestor concepte], însă este iluzoriu să se indice numărul exact de trăsături necesare.

E esențial ca aceste definiții să corespundă concepțiilor fizice moderne asupra fenomenelor considerate.

În special este necesar să atragem atenţia asupra următorului fapt, de importanţă principială. Dacă şi aici trebuie să tindem a cuprinde în definiţiile termenilor următori numai termenii definiţi anterior, în unele cazuri importante menţinerea unei astfel de condiţii este în fond incorectă şi încercările de a o satisface conduc la dificultăţi de netrecut. Aceasta se referă anume la primele concepte fundamentale, legate de fenomenele fizice caracteristice formei electromagnetice a materiei, şi rezultă din legăturile reciproce strînse, principiale, dintre aceste fenomene.

O atare situaţie apare la definirea primelor şi celor mai importante noţiuni : „cîmp electromagnetic", „sarcină electrică", „particulă încărcată". Definiţia completă a cîmpului electromagnetic nu poate fi dată fără a folosi noţiunea de sarcină electrică, deoarece una din trăsăturile distinctive cele mai însemnate ale cîmpului electromagnetic este capacitatea lui de a exercita acţiuni mecanice asupra particulelor şi corpurilor care au sarcini electrice. În acelaşi timp, sarcina electrică nu poate fi complet definită fără a folosi noţiunea de cîmp electromagnetic, deoarece, considerînd fenomenul în întreaga lui complexitate, particulele materiale cu sarcini electrice nu pot fi concepute fără cîmpul electromagnetic legat de ele. În definitiv, sarcina electrică caracterizează tocmai legătura reciprocă şi interacţiunea dintre cîmpul electromagnetic şi corpuri.

O situaţie similară întîlnim la definirea termenilor „cîmp electric" şi „cîmp magnetic", deoarece aceste cîmpuri sînt doar două laturi ale cîmpului electromagnetic, singurul care are existenţă obiectivă, şi separarea acestuia în cîmp electric şi cîmp magnetic este relativă, adică depinde de alegerea sistemului de referinţă.

Caracterul general al definiţiilor în terminologia electrotehnicii teoretice. Terminologia propusă, referitoare la electrotehnică, cuprinde în principal noţiunile folosite în cadrul examinării macroscopice a fenomenelor. Aceasta duce la definiţiile corespunzătoare ale unor termeni care se referă la diferite corpuri, de exemplu „corp conductor", „dielectric", „corp semiconductor"; la o examinare fizică detaliată a microproceselor, aceşti termeni ar trebui să aibă alte definiţii, mai cuprinzătoare.

Totuşi, definiţiile primelor noţiuni fundamentale sînt date astfel, încît corespund şi punctului de vedere microscopic asupra fenomenelor, deoarece aceste noţiuni stau la baza construcţiei întregii terminologii.

Structura terminologiei. Considerentele principiale expuse mai sus s-au reflectat în structura culegerii elaborate pentru terminologia electrotehnicii teoretice.

Esenţială este gruparea într-o primă secţiune — nu prea mare, dar importantă — a conceptelor fundamentale referitoare la domeniul fenomenelor electromagnetice. Dintre mărimile electromagnetice fizice, în această secţiune a fost inclusă numai o singură mărime, considerată fundamentală şi nedefinită prin alte mărimi electromagnetice, şi anume „sarcina electrică".

În prima secţiune este inclus şi conceptul de „particulă încărcată", ca particulă materială care are sarcină electrică.

În prima secţiune au intrat : definiţia conceptului foarte important de „cîmp electromagnetic" ca formă specială a materiei, caracterizată prin proprietăţi electromagnetice; definiţiile conceptelor „cîmp electric" şi „cîmp magnetic" ca două laturi ale „cîmpului electromagnetic"; de asemenea, definiţiile conceptului "energie electromagnetică" ca energie a cîmpului electromagnetic şi conceptelor de energie a cîmpului electric şi energie a cîmpului magnetic.

Prima secţiune cuprinde, se înţelege, conceptul fundamental de „curent electric" şi conceptul general de „electricitate" care înglobează în fond toată clasa largă a fenomenelor electromagnetice.

Consideraţiile importante, enunţate mai sus, despre necesitatea de a se ţine seamă în definiţiile conceptelor fundamentale de legătura reciprocă principială dintre fenomenele electromagnetice considerate, se referă anume la grupul de concepte cuprins în prima secţiune.

În toate celelalte secţiuni, care au caracter special şi dezvoltă diferitele laturi ale fenomenelor electromagnetice şi metodele de calcul corespunzătoare, nu numai mărimile fizice şi de calcul, ci şi toate proprietăţile şi fenomenele particulare se definesc succesiv, unul după altul, folosind numai conceptele deja definite, ca şi noţiuni cunoscute din alte ramuri ale ştiinţei, anume din matematică, mecanică şi termodinamică.

În secţiunea a II-a se dezvoltă conceptele legate de mărimea de bază „sarcina electrică", cuprinsă în prima secţiune. Secţiunea a III-a conţine conceptele referitoare la cîmpurile electrice, secţiunea a IV-a conceptele referitoare la curentul electric, secţiunea a V-a conceptele legate de cîmpurile magnetice şi secţiunea a VI-a conceptele în legătură cu cîmpul electromagnetic. Prin urmare, secţiunile II-VI conţin dezvoltarea detaliată a conceptelor fizice de bază care compun secţiunea I-a, diferitele cazuri particulare, precum şi caracteristicile corespunzătoare ale mediilor.

Secţiunile următoare se referă la teoria circuitelor electrice şi magnetice — parte a electrotehnicii teoretice foarte importantă pentru practică.

Conceptele de circuit electric şi magnetic se pot folosi numai dacă se admit o serie de ipoteze în legătură cu procesele electromagnetice care au loc în ele : ipoteza că lungimea undei electromagnetice în dielectricul ce înconjoară

conductoarele circuitului electric întrece de multe ori dimensiunile liniare ale circuitului sau, în cazul liniilor lungi, depăşeşte de multe ori cel puţin dimensiunile transversale ale liniei; neglijarea cîmpului magnetic sau a cîmpului electric în diferite porţiuni ale circuitului în cazurile cînd se consideră că circuitul electric are parametrii concentraţi etc.

Aşadar, conceptele cuprinse în aceste secţiuni, spre deosebire de conceptele din primele şase secţiuni, sînt legate de aceste ipoteze. În acelaşi timp, anume aceste ipoteze deschid posibilităţi largi pentru calculul dispozitivelor electromagnetice. De aceea, ultimele secţiuni conţin o cantitate însemnată de termeni referitori la parametrii circuitelor şi diferitele mărimi necesare în calculul circuitelor.

Secţiunea a VII-a cuprinde definiţiile conceptelor generale referitoare la circuitele electrice şi magnetice. Secţiunea a VIII-a se referă la procesele periodice permanente în circuitele de curent alternativ şi secţiunea a IX-a — la procesele tranzitorii în circuitele electrice.

Extras din textul introductiv „De la Comitetul de terminologie tehnică al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S."

(„Electricestvo" 1957, 6)

CZ 621.3(083.72)

La definiţiile unor termeni sînt necesare două observaţii cu caracter general.

Prima observaţie se referă la definiţiile în care o mărime sau alta se defineşte ca limita raportului dintre o mărime şi o altă mărime, cînd ultima tinde către zero (de exemplu, definiţiile termenilor 14, 15, 16 etc.). În cazurile cînd această din urmă mărime este un element de volum, de suprafaţă sau de linie, se presupune totdeauna că elementele respective cuprind în interiorul lor punctul în care se defineşte mărimea considerată. În cazurile în care mărimea ce tinde către zero este un interval de timp, se presupune totdeauna că acest interval conţine momentul pentru care se defineşte mărimea respectivă.

A doua observaţie se referă la definiţiile termenilor 31, 34, 69, 86, şi 93, care reprezintă denumirile unor mărimi caracteristice proprietăţilor electrice şi magnetice ale corpurilor. Aceste definiţii sînt date în cazul corpurilor izotrope, ceea ce se şi menţionează în parantezele care însoţesc termenii respectivi. În cazul corpurilor anizotrope, aceste mărimi sînt tensori şi definirea lor completă necesită determinarea mărimilor respective în toate cazurile particulare, cînd intensitatea cîmpului electric sau magnetic este dirijată în sensul uneia sau alteia din axele principale. În cazul unui corp anizotrop cu proprietăţi neliniare, aceste mărimi se definesc, de obicei, cu condiţia ca intensitatea cîmpului electric sau magnetic să fie dirijată în sensul uneia din axele principale.

În sfîrşit, trebuie observat că nu se recomandă folosirea denumirii unităţii în locul denumirii mărimii corespunzătoare, de exemplu, denumirea de „amperspiră" în locul denumirii de „forţă de magnetizare".

Terminologia electrotehnicii teoretice*)

(Culegere)

CZ 621.3(083.72)

SECŢIUNEA I

CONCEPTE FUNDAMENTALE

1. *Cîmp electromagnetic.* Formă specială a materiei, care: se distinge prin distribuţie continuă în spaţiu (unde electromagnetice) şi manifestă structură discretă (fotoni); se caracterizează prin capacitatea de a se propaga în vid cu o viteză apropiată de 3.10^8 m/s (în absenţa cîmpurilor gravitaţionale puternice); exercită asupra particulelor încărcate forţe dependente de viteza lor.

2. *Sarcină electrică.* Proprietate a particulelor de materie sau a corpurilor, care caracterizează legătura lor reciprocă cu cîmpul electromagnetic propriu şi interacţiunea lor cu cîmpul electromagnetic exterior; are două forme, cunoscute ca sarcină pozitivă (sarcina protonului, a pozitronului ş.a.) şi sarcina negativă (sarcina electronului ş.a.); cantitativ, se determină prin interacţiunea mecanică dintre corpurile care au sarcini electrice.

3. *Particulă încărcată.* Particulă de materie, care are sarcină electrică.

4. *Electricitate.* În sens larg — întregul ansamblu de fenomene electromagnetice, referitoare la diferitele manifestări ale cîmpului electromagnetic şi interacţiunile lui cu corpurile; în sens îngust — se foloseşte în expresia „cantitate de electricitate" ca sinonim al „sarcinii electrice", la determinarea cantitativă a acesteia din urmă.

5. *Cîmp electric.* Una din cele două laturi ale cîmpului electromagnetic, care este condiţionată de sarcinile electrice şi de variaţiile cîmpului magnetic, exercită forţe asupra particulelor şi corpurilor încărcate şi se determină prin forţele exercitate asupra corpurilor şi particulelor încărcate imobile.

6. *Cîmp magnetic.* Una din cele două laturi ale cîmpului electromagnetic, care este condiţionată de sarcinile electrice ale particulelor şi corpurilor încărcate în mişcare şi de variaţiile cîmpului electric, exercită forţe asupra particulelor încărcate în mişcare şi se manifestă prin forţe dirijate perpendicular pe direcţia de mişcare a acestor particule şi proporţionale cu viteza lor.

*) Din revista „*Electricestvo*", nr. 6/1957.

7. *Curent electric.* Fenomenul mișcării particulelor încărcate și fenomenul variației cîmpului electric în timp, [ambele] însoțite de cîmp magnetic.

8. *Energia cîmpului electric.* Energie legată de cîmpul electric, care se transformă în alte forme de energie cînd cîmpul electric variază.

9. *Energia cîmpului magnetic.* Energie legată de cîmpul magnetic, care se transformă în alte forme de energie cînd cîmpul magnetic variază.

10. *Energie electromagnetică. Energie electrică**). Energia cîmpului electromagnetic, compusă din energia cîmpului electric și energia cîmpului magnetic.

SECȚIUNEA II

SARCINI ELECTRICE

11. *Sarcină electrică de volum.* Sarcină electrică distribuită într-un volum.

12. *Sarcină electrică de suprafață.* Sarcină electrică considerată distribuită pe o suprafață.

13. *Sarcină electrică liniară.* Sarcină electrică considerată distribuită în lungul unei linii.

14. *Densitate de volum a sarcinii electrice.* Mărime scalară, care caracterizează distribuția sarcinii electrice de volum și este egală cu limita raportului dintre sarcina de volum și elementul de volum în care este distribuită, cînd acest element de volum tinde către zero.

15. *Densitate de suprafață a sarcinii electrice.* Mărime scalară, care caracterizează distribuția sarcinii electrice de suprafață și este egală cu limita raportului dintre sarcina electrică de suprafață și elementul de suprafață pe care este distribuită, cînd acest element de suprafață tinde către zero.

16. *Densitate liniară a sarcinii electrice.* Mărime scalară, care caracterizează distribuția sarcinii electrice liniare și este egală cu limita raportului dintre sarcina electrică liniară și elementul de lungime al liniei în lungul căreia este distribuită, cînd acest element de linie tinde către zero.

17. *Dipol electric.* Ansamblul a două sarcini electrice punctiforme, egale ca mărime și opuse ca semn, așezate una față de cealaltă la o distanță foarte mică față de distanța lor la punctele de observație.

18. *Moment electric al unui dipol electric.* Mărime vectorială, egală cu produsul valorii absolute a uneia din sarcinile dipolului prin distanța dintre ele și dirijată de la sarcina negativă spre cea pozitivă.

19. *Moment electric al unui corp.* Mărime vectorială, egală cu suma geometrică a momentelor electrice ale tuturor dipolilor care compun corpul considerat. În mod analog se definește „momentul electric al unui volum dat al corpului".

20. *Corp punctiform încărcat.* Corp încărcat, ale cărui dimensiuni liniare sînt foarte mici față de distanța de la corp la punctele în care se examinează cîmpul lui și care de asemenea are dimensiuni atît de mici, încît în limitele sale [în interiorul său] cîmpul exterior poate fi considerat omogen.

SECȚIUNEA III

CARACTERISTICILE FUNDAMENTALE ALE CÎMPULUI ELECTRIC ȘI CARACTERISTICILE ELECTRICE FUNDAMENTALE ALE MEDIILOR

21. *Intensitatea cîmpului electric.* Mărime vectorială care caracterizează acțiunea mecanică a unui cîmp electric asupra corpurilor și particulelor încărcate; este egală cu limita raportului dintre forța cu care cîmpul electric acționează asupra unui corp încărcat, punctiform și imobil, introdus în punctul considerat al cîmpului, și sarcina acestui corp, cînd această sarcină tinde către zero; sensul vectorului coincide cu sensul forței care acționează asupra unui corp punctiform încărcat pozitiv.

22. *Linia intensității cîmpului electric.* Linie a cărei tangentă coincide în fiecare punct cu direcția vectorului intensității cîmpului electric.

23. *Polarizare electrică.* Stare a unui corp caracterizată prin faptul că momentul electric al unui volum dat din acest corp are o valoare diferită de zero.

24. *Conductibilitate electrică.* Proprietate a materialului de a conduce curent electric sub acțiunea unui cîmp electric constant.

25. *Dielectric.* Corp a cărui proprietate electrică fundamentală este capacitatea de a se polariza într-un cîmp electric și în care este posibilă existența îndelungată a unui cîmp electrostatic.

26. *Corp conductor.* Corp, a cărui proprietate fundamentală este conductibilitatea electrică.

27. *Conductor.* Corp conductor.

28. *Corp semiconductor. Semiconductor.* Corp intermediar — ca conductibilitate electrică — între un corp conductor și un dielectric, ale cărui proprietăți distinctive sînt: dependența pronunțată a conductibilității electrice de temperatură; variația conductibilității electrice sub acțiunea cîmpului electric, fluxului luminos și a altor factori externi; dependența esențială a conductibilității electrice de cantitatea și natura adaosurilor [impurităților] introduse, ceea ce dă posibilitatea de a amplifica și redresa curentul electric, precum și de a transforma energia termică, luminoasă și nucleară în energie electrică.

29. *Polarizație. Intensitate de polarizare.* Mărime vectorială care caracterizează gradul de polarizare electrică a unui dielectric și este egală cu limita raportului dintre momentul electric al unui volum dat din dielectric și acest volum, cînd ultimul tinde către zero.

30. *Constantă electrică*[1]). Mărime scalară care caracterizează cîmpul electric în vid și este egală cu raportul dintre sarcina electrică totală, cuprinsă în interiorul unei suprafețe închise oarecare și fluxul vectorului intensității cîmpului electric prin acea suprafață, în vid.

Termen nerecomandat: permeabilitatea dielectrică a vidului.

31. *Susceptivitate dielectrică [absolută (pentru corpuri izotrope)**). Mărime scalară care caracterizează proprietatea unui dielectric de a se polariza într-un cîmp electric și este egală cu raportul dintre valoarea polarizației și valoarea intensității cîmpului electric.

32. *Susceptivitate dielectrică. Susceptivitate dielectrică relativă.* Raportul dintre susceptivitatea dielectrică absolută în punctul considerat din dielectric și constanta electrică.

33. *Deplasare electrică*[2]). Mărime vectorială, egală cu suma geometrică din produsul intensității cîmpului electric în punctul considerat prin constanta electrică și polarizația în același punct.

34. *Permeabilitate dielectrică*[3]) *absolută (pentru corpuri izotrope).* Mărime scalară care caracterizează proprietățile electrice ale unui dielectric și este egală cu raportul dintre valoarea deplasării electrice și valoarea intensității cîmpului electric.

35. *Permeabilitate dielectrică*[3]). *Permeabilitate dielectrică relativă.* Raportul dintre permeabilitatea dielectrică absolută în punctul considerat din dielectric și constanta electrică.

36. *Linie de deplasare electrică.* Linie a cărei tangentă coincide în fiecare punct cu direcția vectorului deplasării electrice.

37. *Tub de deplasare electrică.* Regiune din cîmpul electric, limitată de o suprafață continuă, generatoarele căreia sînt linii de deplasare electrică.

38. *Cîmp electrostatic.* Cîmpul electric al unor corpuri încărcate imobile, în care nu există curenți electrici.

39. *Inducție electrostatică.* Fenomenul de inducere a unor sarcini electrice pe un corp conductor sub acțiunea unui cîmp electrostatic exterior.

40. *Cîmp electric staționar.* Cîmpul electric al unor curenți electrici constanți, cu condiția imobilității conductoarelor străbătute de curent.

41. *Cîmp electric potențial.* Cîmp electric în care rotorul vectorului intensității cîmpului electric este pretutindeni egal cu zero.

42. *Cîmp electric rotațional.* Cîmp electric în care rotorul vectorului intensității nu este pretutindeni egal cu zero.

---

*) Termeni paraleli admiși

*) În paranteze — explicații.

43. *Diferența de potențial electric dintre două puncte.* Mărime scalară care caracterizează un cîmp electric potențial și este egală cu limita raportului dintre lucrul forțelor acestui cîmp, efectuat prin deplasarea unui corp punctiform încărcat pozitiv din unul din punctele date ale cîmpului în celălalt punct, și sarcina corpului, cînd această sarcină tinde către zero (altfel : egală cu integrala de linie a intensității cîmpului electric din unul din punctele date în celălalt).

44. *Potențial electric într-un punct dat.* Diferența de potențial electric dintre punctul dat și un alt anumit punct, ales arbitrar.

45. *Capacitatea electrică a unui conductor izolat.* Mărime scalară care caracterizează capacitatea conductorului de a înmagazina sarcini electrice și este egală cu raportul dintre sarcina conductorului și potențialul lui, în ipoteza că toate celelalte conductoare sînt depărtate la infinit și că potențialul unui punct depărtat la infinit este nul.

46. *Capacitatea electrică dintre două conductoare izolate.* Mărime scalară, egală cu valoarea absolută a raportului dintre sarcina electrică a unui conductor și diferența de potențial electric dintre cele două conductoare, cu condiția ca aceste conductoare să aibă sarcini egale ca mărime și opuse ca semn și ca toate celelalte conductoare să fie depărtate la infinit.

47. *Condensator.* Sistem de două conductoare (armături) despărțite printr-un dielectric, destinate pentru folosirea capacității dintre aceste două conductoare.

48. *Capacitatea unui condensator.* Valoarea absolută a raportului dintre sarcina electrică a uneia din armăturile condensatorului și diferența de potențial dintre ele, cu condiția ca armăturile să aibă sarcini egale ca mărime și opuse ca semn.

49. *Capacitatea dintre două conductoare care fac parte dintr-un sistem de conductoare. Capacitate parțială.* Valoarea absolută a raportului dintre sarcina unui conductor care face parte dintr-un sistem de conductoare și diferența de potențial dintre acest conductor și un alt conductor, dacă toate conductoarele, în afară de ultimul, au același potențial. Dacă din sistemul considerat de conductoare face parte pămîntul, potențialul lui se ia egal cu zero.

50. *Cîmp electric imprimat.* Cîmp condiționat de procese termice, reacții chimice, fenomene de contact, forțe mecanice și alte procese neelectromagnetice (în cadrul examinării macroscopice), care se caracterizează prin acțiuni mecanice asupra particulelor și corpurilor încărcate, aflate în regiunea unde există acest cîmp.

51. *Cîmp electric indus.* Cîmp electric produs de variația în timp a unui cîmp magnetic.

52. *Forța electromotoare. F. e. m.* Mărime scalară care caracterizează capacitatea cîmpului electric imprimat și indus de a produce curent electric și este egală cu integrala de linie a intensității cîmpului electric imprimat și indus între două puncte în lungul unui drum dat sau în lungul unui contur închis dat.

53. *Tensiune electrică.* Mărime scalară, egală cu integrala de linie a intensității cîmpului electric rezultant (electrostatic, staționar, imprimat indus) între două puncte în lungul unui drum dat.

SECȚIUNEA IV

CURENTUL ELECTRIC ȘI CARACTERISTICILE FUNDAMENTALE ALE MEDIILOR CONDUCTOARE

54. *Curent electric de conducție (fenomen).* Fenomenul mișcării particulelor încărcate, sub acțiunea unui cîmp electric, într-un corp cu conductibilitate electrică.

55. *Curent electric de conducție (mărime). Intensitatea curentului de conducție.* Mărime scalară, egală cu limita raportului dintre sarcina transportată de particulele încărcate — printr-o suprafață dată într-un corp cu conductibilitate electrică — într-un anumit interval de timp, și acest interval de timp, cînd ultimul tinde către zero.

56. *Curent electric de convecție (fenomen).* Fenomenul mișcării particulelor și corpurilor încărcate într-un mediu fără conductibilitate electrică și în vid.

57. *Curent electric de convecție (mărime). Intensitatea curentului de convecție.* Mărime scalară, egala cu limita raportului dintre sarcina transportată de particulele încărcate — printr-o suprafață dată într-un mediu fără conductibilitate electrică și în vid — într-un anumit interval de timp, și acest interval de timp, cînd ultimul tinde către zero.

58. *Curent electric de polarizare (fenomen).* Fenomenul mișcării particulelor încărcate legate, într-un dielectric, determinat de variația polarizării dielectricului.

59. *Curent electric de deplasare în vid (fenomen).* Fenomenul variației în timp a cîmpului electric.

60. *Curent electric de deplasare (fenomen).* Ansamblul curentului electric de deplasare în vid și curentului electric de polarizare.

61. *Curent electric de deplasare (mărime). Intensitatea curentului de deplasare.* Mărime scalară, egală cu limita raportului dintre variația fluxului vectorului deplasării electrice printr-o suprafață dată, într-un anumit interval de timp, și acest interval de timp, cînd ultimul tinde către zero.

62. *Curent electric (mărime). Curent total. Intensitatea curentului.* Mărime scalară, egală cu suma curenților de conducție, convecție și deplasare, printr-o suprafață dată.

63. *Densitatea curentului electric de conducție.* Mărime vectorială, egală cu limita raportului dintre curentul electric de conducție printr-un element de suprafață normal pe direcția de mișcare a particulelor încărcate, și acest element, cînd ultimul tinde către zero ; sensul său coincide cu sensul de mișcare a particulelor încărcate pozitiv sau, respectiv, este opus sensului de mișcare a particulelor încărcate negativ.

64. *Densitatea curentului electric de convecție.* Mărime vectorială, egală cu limita raportului dintre curentul de convecție printr-un element de suprafață normal pe direcția de mișcare a particulelor încărcate, și acest element, cînd ultimul tinde către zero ; sensul său coincide cu sensul de mișcare a particulelor încărcate pozitiv sau, respectiv, este opus sensului de mișcare a particulelor încărcate negativ.

65. *Densitatea curentului electric de deplasare.* Mărime vectorială, egală cu limita raportului dintre variația vectorului deplasării electrice și intervalul de timp în care are loc această variație, cînd intervalul de timp tinde către zero.

66. *Densitatea curentului electric. Densitatea curentului total.* Mărime vectorială, egală cu suma densității curentului de conducție, densității curentului de convecție și densității curentului de deplasare.

67. *Linie de curent.* Linie, a cărei tangentă coincide în fiecare punct cu direcția vectorului densității curentului electric. Linia curentului electric total este totdeauna închisă.

68. *Tub de curent.* Regiune limitată de o suprafață continuă, generatoarele căreia sînt linii de curent.

69. *Conductivitate electrică (pentru corpuri izotrope).* Mărime scalară care caracterizează conductibilitatea electrică a unui corp și este egală cu raportul dintre valoarea densității curentului de conducție și valoarea intensității cîmpului electric.

70. *Rezistivitate electrică.* Mărimea inversă conductivității electrice.

SECȚIUNEA V

CARACTERISTICILE FUNDAMENTALE ALE CÎMPULUI MAGNETIC ȘI CARACTERISTICILE MAGNETICE FUNDAMENTALE ALE MEDIILOR

71. *Inducție magnetică.* Mărime vectorială care caracterizează acțiunea mecanică a unui cîmp magnetic asupra unui curent, precum și capacitatea cîmpului magnetic de a produce [genera] prin variația sa un cîmp electric indus ; este egală cu limita raportului dintre forța mecanică, care acționează asupra unui element de conductor parcurs de curent, și produsul curentului prin lungimea elementului de conductor, cînd lungimea acestui element tinde către zero, dacă elementul de conductor este așezat astfel, încît limita să aibă valoarea maximă ; direcția vectorului este normală pe direcția forței mecanice și pe direcția elementului de conductor, iar sensul lui coincide cu sensul de înaintare a unui șurub drept care se rotește de la sensul forței mecanice în spre sensul curentului.

72. *Linie de inducție magnetică.* Linie totdeauna închisă, în fiecare punct al căreia tangenta coincide cu direcția vectorului inducției magnetice.

73. *Tub de inducție magnetică.* Regiune din cîmpul magnetic, limitată de o suprafață continuă, generatoarele căreia sînt linii de inducție magnetică.

74. *Flux magnetic.* Fluxul vectorului inducției magnetice

75. *Curent electric elementar. Dipol magnetic.* Curentul electric închis dintr-un contur elementar, adică un contur ale cărui dimensiuni sînt foarte mici faţă de distanţa la punctele de observaţie.

76. *Moment magnetic al unui curent electric elementar. Moment magnetic al unui dipol magnetic.* Mărime vectorială, egală cu produsul curentului prin aria suprafeţei limitate de conturul elementar parcurs de curent şi dirijată normal pe această suprafaţă, după regula burghiului drept.

77. *Moment magnetic al unui corp.* Mărime vectorială egală cu suma geometrică a momentelor magnetice ale tuturor curenţilor electrici moleculari elementari din corpul considerat. În mod analog se defineşte „momentul magnetic al unui volum dat al corpului".

78. *Magnetizare.* Proces în urma căruia un corp sau un anumit volum al corpului capătă moment magnetic.

79. *Intensitate de magnetizare*[4]). Mărime vectorială care caracterizează starea unui corp dobîndită prin magnetizarea sa şi este egală cu limita raportului dintre momentul magnetic al unui volum dat al corpului şi acest volum, cînd ultimul tinde către zero.

80. *Constantă magnetică*[5]). Mărime scalară care caracterizează cîmpul magnetic în vid şi este egală cu raportul dintre integrala de linie a vectorului inducţiei magnetice pe un contur închis în vid, şi curentul electric ce trece printr-o suprafaţă limitată de acest contur.

Termen nerecomandat: permeabilitatea magnetică a vidului.

81. *Intensitatea cîmpului magnetic.* Mărime vectorială, egală cu diferenţa geometrică dintre citul inducţiei magnetice în punctul considerat prin constanta magnetică, şi intensitatea de magnetizare în acelaşi punct.

82. *Linia intensităţii cîmpului magnetic.* Linie, a cărei tangentă coincide în fiecare punct cu direcţia vectorului intensităţii cîmpului magnetic.

83. *Forţă de magnetizare. Forţă magnetomotoare în lungul unui contur închis.* Mărime scalară care caracterizează acţiunea de magnetizare a curentului electric şi este egală cu integrala de linie a vectorului intensităţii cîmpului magnetic în lungul unui contur închis dat.

84. *Diferenţa de potenţial magnetic scalar dintre două puncte. Forţă magnetomotoare în lungul unei porţiuni de circuit.* Mărime scalară, egală cu integrala de linie a vectorului intensităţii cîmpului magnetic între două puncte pe porţiunea aleasă de circuit, cu condiţia ca drumul de integrare să fie aşezat într-o regiune unde densitatea curentului electric este nulă.

85. *Potenţial magnetic scalar într-un punct dat.* Diferenţa de potenţial magnetic scalar dintre punctul dat şi un alt anumit punct, ales arbitrar.

86. *Susceptivitate magnetică absolută (pentru corpuri izotrope).* Mărime scalară care caracterizează proprietatea unui corp de a se magnetiza într-un cîmp magnetic şi este egală cu raportul dintre valoarea intensităţii de magnetizare şi valoarea intensităţii cîmpului magnetic.

87. *Susceptivitate magnetică. Susceptivitate magnetică relativă.* Raportul dintre susceptivitatea magnetică absolută în punctul considerat din corp şi constanta magnetică.

88. *Curbă iniţială de magnetizare.* Curbă care exprimă variaţia inducţiei magnetice în funcţie de intensitatea cîmpului magnetic, în cazul magnetizării unui corp feromagnetic — în prealabil demagnetizat — prin creşterea monotonă a intensităţii cîmpului magnetic.

89. *Histerezis magnetic.* Fenomenul dependenţei inducţiei magnetice într-un corp feromagnetic — la o valoare dată a intensităţii cîmpului magnetic — de stările magnetice precedente ale corpului

90. *Ciclu de histerezis magnetic.* Curbă închisă, care exprimă variaţia inducţiei magnetice sau a intensităţii de magnetizare în funcţie de intensitatea cîmpului magnetic, cînd aceasta din urmă variază periodic (şi destul de lent).

91. *Ciclu simetric de histerezis.* Curbă de histerezis magnetic, obţinută prin variaţia intensităţii cîmpului magnetic, între două valori (minimă şi maximă) egale în modul.

92. *Curbă fundamentală de magnetizare.* Locul geometric al vîrfurilor ciclurilor simetrice de histerezis, care se obţin pentru diferite valori maxime ale intensităţii cîmpului magnetic.

93. *Permeabilitate magnetică absolută (pentru corpuri izotrope).* Mărime scalară care caracterizează proprietăţile magnetice ale unui corp şi este egală cu raportul dintre valoarea inducţiei magnetice şi valoarea intensităţii cîmpului magnetic.

94. *Permeabilitate magnetică. Permeabilitate magnetică relativă.* Raportul dintre permeabilitatea magnetică absolută în punctul considerat din corp şi constanta magnetică.

95. *Forţă coercitivă.* Intensitatea cîmpului magnetic, necesară pentru a aduce la zero inducţia magnetică într-un corp în prealabil magnetizat.

96. *Inducţie remanentă.* Inducţia magnetică care se păstrează într-un corp cînd intensitatea cîmpului magnetic se micşorează pînă la zero.

97. *Intensitate de magnetizare remanentă.* Intensitate de magnetizare care se păstrează într-un corp cînd intensitatea cîmpului magnetic se micşorează pînă la zero.

98. *Magnet permanent.* Corp care păstrează intensitatea de magnetizare remanentă un timp îndelungat.

99. *Cîmp magnetostatic.* Cîmpul magnetic al unor magneţi permanenţi imobili.

SECŢIUNEA VI

CARACTERISTICILE FUNDAMENTALE ALE CÎMPULUI ELECTROMAGNETIC

100. *Inducţie electromagnetică.* Fenomenul de inducere [producere] a unui cîmp electric rotaţional prin variaţia unui cîmp magnetic, [fenomen] care duce la apariţia unei f.e.m. induse într-un contur închis cînd variază fluxul magnetic printr-o suprafaţă limitată de acest contur.

101. *Potenţial electrodinamic vector.* Mărime vectorială, al cărei rotor este egal cu vectorul inducţiei magnetice.

102. *Potential electrodinamic scalar.* Mărime scalară, al cărei gradient luat cu semn schimbat este egal cu suma geometrică din intensitatea cîmpului electric şi derivata potenţialului electrodinamic vectorial în raport cu timpul .

103. *Undă electromagnetică.* Cîmp electromagnetic care se propagă.

104. *Vector Poynting.* Vector care caracterizează propagarea energiei unei unde electromagnetice şi este egal cu produsul vectorial al intensităţilor cîmpurilor electric şi magnetic.

SECŢIUNEA VII

CIRCUITE ELECTRICE ŞI MAGNETICE ŞI CARACTERISTICILE LOR

105. *Circuit electric.* Ansamblul de dispozitive, care sînt destinate trecerii curentului electric prin ele şi în care procesele electromagnetice pot fi descrise cu ajutorul noţiunilor de f.e.m., curent, tensiune.

106. *Rezistenţă electrică în curent continuu. Rezistenţă electrică. Rezistenţă electrică statică.* Mărime scalară, egală cu raportul dintre tensiunea continuă pe o porţiune de circuit electric şi curentul din această porţiune, în lipsa f.e.m. pe porţiunea considerată.

107. *Conductanţă electrică în curent continuu. Conductanţă electrică. Conductanţă electrică statică.* Mărimea inversă rezistenţei electrice.

108. *Circuit magnetic.* Ansamblu de dispozitive ce conţin corpuri feromagnetice şi formează un circuit închis, în care se formează — în prezenţa unei forţe de magnetizare — un flux magnetic, şi în lungul căruia se închid liniile de inducţie magnetică.

109. *Reluctanţa*[6]) *unei porţiuni de circuit magnetic.* Mărime scalară, egală cu raportul dintre forţa magnetomotoare în lungul porţiunii considerate a circuitului magnetic şi fluxul magnetic în această porţiune.

110. *Permeanţa*[7]) *unei porţiuni de circuit magnetic.* Mărimea scalară inversă reluctanţei porţiunii considerate a circuitului magnetic.

111. *Flux total.* Suma fluxurilor magnetice înlănţuite cu diferitele spire ale unui circuit electric dat.

112. *Flux total de inducţie proprie.* Fluxul total al unui circuit electric, condiţionat de curentul electric din acest circuit.

113. *Flux total de inducție mutuală.* Flux total al unui circuit electric, condiționat de curentul electric din alt circuit electric.

114. *Inducție proprie.* Fenomenul de inducere a unei f.e.m. într-un circuit electric prin variația fluxului total de inducție proprie a acestui circuit.

115. *Inducție mutuală.* Fenomenul de excitare a unei f.e.m. într-un circuit electric prin variația fluxului total de inducție mutuală a acestui circuit.

116. *Inductanță. Inductanță statică.* Mărime scalară care caracterizează legătura dintre fluxul total de inducție proprie și curentul din circuitul electric considerat, și este egală cu raportul dintre fluxul total de inducție proprie și curentul din circuit.

Termen nerecomandat: coeficient de inducție proprie.

117. *Inductanță mutuală. Inductanță mutuală statică.* Mărime scalară, care caracterizează legătura dintre fluxul total de inducție mutuală a unui circuit și curentul din alt circuit, și este egală cu raportul dintre fluxul total de inducție mutuală al unuia din circuite și curentul din celălalt circuit.

Termen nerecomandat: coeficient de inducție mutuală.

118. *Circuit electric cu constante concentrate.* Circuit electric, în care variațiile tensiunilor și curenților — în timpul propagării unei unde electromagnetice în lungul întregului circuit — rămîn mici față de variațiile lor totale în procesul considerat, și în care rezistențele, conductanțele, inductanțele și capacitățile pot fi considerate concentrate pe diferite porțiuni ale circuitului.

119. *Circuit electric cu constante repartizate.* Circuit electric, în care variațiile tensiunilor și curenților — în timpul propagării unei unde electromagnetice în lungul întregului circuit — sînt comparabile cu variațiile lor totale în procesul considerat, și în care trebuie avut în vedere că rezistențele, conductanțele, inductanțele și capacitățile sînt repartizate în lungul circuitului.

120. *Circuit electric liniar.* Circuit electric, în porțiunile căruia rezistențele, inductanțele și capacitățile nu depind de valorile și sensurile curenților și tensiunilor în circuit.

121. *Circuit electric neliniar.* Circuit electric, cel puțin în una din porțiunile căruia rezistența, inductanța sau capacitatea depinde de valorile sau sensurile curenților și tensiunilor în circuit.

122. *Rezistență electrică dinamică.* Mărime scalară, egală cu limita raportului dintre variația tensiunii pe o porțiune a circuitului și variația curentului în porțiunea considerată cînd această ultimă variație tinde către zero.

123. *Conductanță electrică dinamică.* Mărime scalară, egală cu limita raportului dintre variația curentului într-o porțiune a circuitului electric și variația tensiunii pe porțiunea considerată, cînd această din urmă variație tinde către zero.

124. *Capacitate dinamică a unui condensator.* Mărime scalară, egală cu limita valorii absolute a raportului dintre variația sarcinii uneia din armăturile condensatorului și variația tensiunii la bornele condensatorului, cînd această ultimă variație tinde către zero.

125. *Inductanță dinamică.* Mărime scalară, egală cu limita raportului dintre variația fluxului total de inducție proprie al unui circuit electric și variația curentului în circuit, cînd această ultimă variație tinde către zero.

126. *Inductanță mutuală dinamică.* Mărime scalară, egală cu limita raportului dintre variația fluxului total de inducție mutuală al unuia din circuite și variația curentului într-alt circuit, cînd această ultimă variație tinde către zero.

127. *Coeficient de temperatură.* Între două temperaturi (coeficient de temperatură mediu): citul dintre variația relativă a mărimii considerate și diferența de temperatură; pentru o temperatură dată: valoarea limită a coeficientului de temperatură mediu, cînd diferența de temperatură tinde către zero.

128. *Circuit electric activ.* Circuit electric care conține surse de energie electrică.

129. *Circuit electric pasiv.* Circuit electric care nu conține surse de energie electrică.

130. *Sursă de tensiune.* Sursă de energie electrică, caracterizată prin mărimea f.e.m. și rezistența sa internă.

131. *Sursă de curent.* Sursă de energie electrică, caracterizată prin mărimea curentului în sursă și conductanța sa internă.

132. *Schema circuitului electric.* Reprezentare grafică a unui circuit electric, în care se arată succesiunea conexiunilor dintre porțiunile sale și care reflectă proprietățile circuitului considerat.

133. *Ramură a circuitului electric.* Întreaga porțiune a unui circuit electric, în lungul căreia curentul are în orice moment aceeași valoare.

134. *Nod al circuitului electric.* Locul [borna] de conexiune a trei sau mai multe ramuri.

135. *Conexiune serie a porțiunilor unui circuit electric.* Conexiune în cazul căreia prin toate porțiunile circuitului trece același curent.

136. *Conexiune derivație a porțiunilor (ramurilor) unui circuit electric.* Conexiune în cazul căreia toate porțiunile (ramurile) se leagă la aceeași pereche de noduri.

137. *Conexiune mixtă a porțiunilor unui circuit electric.* Combinare a conexiunilor serie și derivație.

138. *Contur al unui circuit electric.* Orice drum închis care trece prin cîteva ramuri.

139. *Circuit electric plan. Circuit electric planar.* Circuit electric care poate fi reprezentat în plan sub forma unei scheme cu ramuri care nu se intersectează.

140. *Dipol.* Parte a unui circuit electric, care are două borne (poli).

141. *Dipol activ.* Dipol care conține surse de energie electrică. În cazul unui dipol liniar, o condiție suplimentară obligatorie este existența la bornele sale deschise [în gol] a unei tensiuni, condiționată de existența unor surse de energie electrică în interiorul său; cu alte cuvinte, este necesar ca acțiunile acestor surse de energie să nu se compenseze reciproc în interiorul dipolului.

142. *Dipol pasiv.* Dipol care nu conține surse de energie electrică. În cazul unui dipol liniar, acesta poate conține surse de energie electrică care se compensează reciproc în așa fel, încît tensiunea la bornele sale este egală cu zero.

143. *Cuadripol.* Parte a unui circuit electric, avînd două perechi de borne, care pot fi borne de intrare sau de ieșire.

144. *Cuadripol activ.* Cuadripol care conține surse de energie electrică. În cazul unui cuadripol liniar, o condiție suplimentară obligatorie este existența la una sau ambele perechi de borne deschise [în gol] a unei tensiuni, condiționată de existența unor surse de energie electrică în interiorul său; cu alte cuvinte, este necesar ca acțiunile acestor surse să nu se compenseze reciproc în interiorul cuadripolului.

145. *Cuadripol pasiv.* Cuadripol care nu conține surse de energie electrică. În cazul unui cuadripol liniar, acesta poate conține surse de energie electrică care se compensează reciproc în așa fel, încît tensiunile la ambele perechi de borne deschise [în gol] sînt egale cu zero.

SECȚIUNEA VIII

CURENTUL ALTERNATIV ȘI CARACTERISTICILE CIRCUITELOR DE CURENT ALTERNATIV

Observație. Prin analogie cu termenii 146—148, 150—161, 175—177 și definițiile lor, cuprinse în această secțiune și referitoare la curentul electric, se pot construi termenii și definițiile corespunzătoare pentru f.e.m., tensiune, sarcină electrică, forță de magnetizare și flux magnetic. Prin analogie cu termenii 188—191 și definițiile lor, referitoare la f.e.m., se pot construi termenii și definițiile corespunzătoare pentru tensiune și curentul electric.

146. *Valoare instantanee a curentului electric.* Valoarea curentului electric în momentul considerat.

147. *Curent electric continuu.* Curent electric a cărei valoare nu se schimbă în timp.

148. *Curent electric periodic.* Curent electric ale cărui valori instantanee se repetă la intervale de timp egale.

149. *Regim permanent într-un circuit electric.* Proces electromagnetic, în care f.e.m., tensiunile și curenții în circuit sînt continue sau periodice.

150. *Perioada curentului electric.* Intervalul de timp minim, după trecerea căruia valorile instantanee ale curentului electric periodic se repetă.

151. *Frecvența curentului electric.* Mărimea inversă perioadei curentului electric.

152, a[8]). *Curent variabil.* Orice curent electric care variază în timp.

152, b[8]). *Curent alternativ.* Curent electric periodic, a cărui valoare medie pe o perioadă este egală cu zero .

153. *Curent electric pulsatoriu.* Curent electric periodic care nu-şi schimbă sensul.

154. *Curent electric sinusoidal.* Curent electric care este o funcţiune sinusoidală de timp.

155. *Frecvenţa unghiulară[9]) a unui curent electric sinusoidal. Frecvenţă unghiulară.* Frecvenţa unui curent electric sinusoidal, multiplicată prin 2π.

156. *Faza unui curent electric sinusoidal. Faza curentului.* Valoarea unghiulară a argumentului unui curent electric sinusoidal, măsurată de la punctul precedent cel mai apropiat în care curentul trece prin zero spre valori pozitive.

157. *Faza iniţială a unui curent electric sinusoidal.* Valoarea fazei unui curent electric sinusoidal în momentul iniţial.

158. *Valoare eficace a unui curent electric periodic.* Valoarea patratică medie, pe o perioadă, a tuturor valorilor instantanee ale unui curent electric periodic.

159. *Valoare medie a unui curent electric alternativ.* Valoarea medie, pe semiperioada pozitivă, a tuturor valorilor instantanee ale unui curent electric alternativ.

160. *Factor de formă al curbei unui curent alternativ.* Raportul dintre valoarea eficace a unui curent alternativ şi valoarea lui medie.

161. *Impulsie de curent electric.* Curent electric care are o durată limitată şi o valoare medie — pe această durată — diferită de zero.

162. *Putere instantanee a unui circuit electric.* Viteza de intrare — într-un moment dat — a energiei electromagnetice în circuit, egală cu produsul valorilor instantanee ale curentului electric în circuit şi tensiunii la bornele sale.

163. *Putere aparentă[10]) a unui circuit electric.* Mărime egală cu produsul valorilor eficace ale curentului electric periodic din circuit şi tensiunii periodice de la bornele sale.

164. *Putere activă a unui circuit electric.* Valoarea medie, pe o perioadă, a puterii instantanee.

Termen nerecomandat: putere wattată.

165. *Putere reactivă a unui circuit electric.* Mărime egală cu rădăcina patrată din diferenţa pătratelor puterilor aparentă şi activă, în regim de curent şi tensiune sinusoidale, luată cu semnul plus dacă curentul este decalat în urma tensiunii şi cu semnul minus dacă curentul este decalat înaintea tensiunii.

Termen nerecomandat: putere dewattată.

166. *Factor de putere.* Raportul dintre puterea activă şi cea aparentă.

167. *Rezistenţa[11]) unui circuit electric.* Mărime egală cu raportul dintre puterea activă absorbită în circuit şi patratul valorii eficace a curentului în acest circuit.

168. *Conductanţa[12]) unui circuit electric.* Mărime egală cu raportul dintre puterea activă absorbită în circuit şi pătratul valorii eficace a tensiunii la bornele sale.

169. *Impedanţa[13]) unui circuit electric.* Mărime egală cu raportul dintre valoarea eficace a tensiunii la bornele circuitului şi valoarea eficace a curentului în acest circuit. În regim de tensiune şi curent sinusoidale.

170. *Admitanţa[14]) unui circuit electric.* Mărime egală cu raportul dintre valoarea eficace a curentului în circuit şi valoarea eficace a tensiunii la bornele sale, în regim de tensiune şi curent sinusoidale.

171. *Reactanţa[15]) unui circuit electric.* Mărime egală cu rădăcina pătrată din diferenţa pătratelor impedanţei şi rezistenţei circuitului, luată cu semnul plus dacă curentul este decalat în urma tensiunii şi cu semnul minus dacă curentul este decalat înaintea tensiunii.

172. *Reactanţa inductivă[16]) a unui circuit electric.* Reactanţă condiţionată de inductanţa circuitului şi egală cu produsul valorii acestei inductanţe prin frecvenţa unghiulară.

173. *Reactanţa capacitivă[17]) a unui circuit electric.* Valoarea absolută a reactanţei condiţionată de capacitatea circuitului şi egală cu inversul produsului valorii acestei capacităţi prin frecvenţa unghiulară.

174. *Susceptanţa[18]) unui circuit electric.* Mărime egală cu rădăcina pătrată din diferenţa pătratelor admitanţei şi conductanţei circuitului, luată cu semnul plus dacă curentul este decalat în urma tensiunii şi cu semnul minus dacă curentul este decalat înaintea tensiunii.

175. *Expresia complexă a valorii instantanee a unui curent sinusoidal.* Mărime complexă, funcţie de timp, modulul şi argumentul căreia sînt respectiv egale cu amplitudinea şi argumentul curentului sinusoidal dat.

176. *Amplitudine complexă a unui curent sinusoidal.* Mărime complexă, independentă de timp, modulul şi argumentul căreia sînt respectiv egale cu amplitudinea şi faza iniţială a curentului sinusoidal dat.

177. *Valoare eficace complexă a unui curent sinusoidal dat. Curent complex.* Mărime complexă, independentă de timp, modulul şi argumentul căreia sînt respectiv egale cu valoarea eficace şi faza iniţială a curentului sinusoidal dat.

178. *Impedanţă complexă[19]) a unui circuit electric.* Mărime complexă, egală cu raportul dintre tensiunea complexă, la bornele circuitului dat şi curentul complex din acest circuit.

179. *Admitanţă complexă[20]) a unui circuit electric.* Mărime complexă, egală cu raportul dintre curentul complex din circuitul dat şi tensiunea complexă la bornele sale.

180. *Rezonanţă într-un circuit electric.* Fenomen care are loc într-un circuit electric cu inductanţe şi capacităţi, cînd diferenţa de fază dintre tensiunea la bornele circuitului şi curentul la intrarea circuitului este egală cu zero.

181. *Rezonanţă de tensiune.* Fenomen de rezonanţă într-un circuit electric care conţine porţiuni cu caracter inductiv şi capacitiv, conectate în serie:

Termen nerecomandat: rezonanţă serie.

182. *Rezonanţă de curent.* Fenomen de rezonanţă într-un circuit electric care conţine porţiuni cu caracter inductiv şi capacitiv, conectate în derivaţie.

Termen nerecomandat: rezonanţă derivaţie.

183. *Frecvenţă de rezonanţă.* Frecvenţa curentului şi tensiunii în circuit, la rezonanţă.

184. *Sistem polifazat de circuite electrice.* Ansamblu de circuite electrice, în care acţionează f.e.m. de aceeaşi frecvenţă, decalate ca fază una faţă de alta şi produse de o sursă comună de energie electrică.

185. *Faza unui sistem polifazat de circuite.* Unul din circuitele electrice, care face parte dintr-un sistem polifazat de circuite.

186. *Circuit polifazat.* Sistem polifazat de circuite electrice, în care diferitele faze sînt legate [interconectate] electric între ele.

187. *Circuit polifazat simetric.* Circuit polifazat în care impedanţele complexe ale fazelor componente sînt identice.

188. *Sistem polifazat de f.e.m.* Ansamblu de f.e.m. sinusoidale, de aceeaşi frecvenţă, decalate ca fază una faţă de alta, care acţionează într-un sistem polifazat de circuite electrice.

189. *Sistem trifazat de f.e.m.* Sistem polifazat de f.e.m. în care numărul fazelor este egal cu trei.

190. *Sistem polifazat simetric de f.e.m.* Sistem polifazat de f.e.m., în care diferitele f.e.m. sînt egale ca amplitudine şi sînt decalate ca fază una faţă de alta de unghiuri egale cu $k\frac{2\pi}{m}$, unde m este numărul fazelor, iar k — un număr întreg oarecare.

191. *Componente simetrice ale unui sistem trifazat nesimetric de f.e.m.* Trei sisteme trifazate simetrice de f.e.m. în care se poate descompune un sistem trifazat nesimetric dat de f.e.m. şi anume: sistemul homopolar[21]) ($k = 0$), sistemul de succesiune directă ($k = 1$) şi sistemul de succesiune inversă ($k = 2$).

192. *Sistem polifazat echilibrat.* Sistem polifazat de f.e.m. şi curenţi, în care puterea instantanee în circuit este constantă.

193. *Impedanţă caracteristică[22]).* Raportul dintre amplitudinea complexă a tensiunii şi amplitudinea complexă a curentului într-o undă electromagnetică sinusoidală ce se propagă în lungul unei linii.

194. *Constantă de propagare.* Mărime complexă care caracterizează variaţia modulului şi argumentului amplitudinii

complexe a unei unde progresive sinusoidale de curent (sau de tensiune), cînd unda se deplasează cu o unitate de lungime în lungul liniei ; este egală cu logaritmul natural al raportului dintre amplitudinile complexe ale curentului (sau tensiunii) undei în două puncte ale liniei, distanţate cu o unitate de lungime unul de altul.

195. *Constantă de atenuare.* Mărime care caracterizează micşorarea amplitudinii unei unde progresive de curent (sau tensiune), cînd unda se deplasează cu o unitate de lungime în lungul liniei ; este egală cu partea reală a constantei de propagare.

196. *Constantă de fază. Constantă de lungime de undă.* Mărime care caracterizează variaţia fazei unei unde progresive sinusoidale de curent (sau tensiune) cînd unda se deplasează cu o unitate de lungime în lungul liniei ; este egală cu partea imaginară a constantei de propagare.

SECŢIUNEA IX

PROCESE TRANZITORII ÎN CIRCUITE ELECTRICE

197. *Proces tranzitoriu într-un circuit electric.* Proces electromagnetic care se produce într-un circuit electric în cazul trecerii de la un regim permanent la altul, cînd variază f.e.m. din circuit sau tensiunea aplicată circuitului, sau variază rezistenţele, inductanţele sau capacităţile circuitului.

198. *Curent electric permanent.* Curent electric periodic sau continuu, care se stabileşte într-un circuit electric după terminarea procesului tranzitoriu, cînd asupra circuitului acţionează f.e.m. sau tensiuni periodice sau continue.

199. *Curent electric tranzitoriu.* Curent electric care există într-un circuit în timpul unui proces tranzitoriu.

200. *Curent electric liber.* Curent electric care apare într-un circuit electric datorită faptului că în momentul iniţial al unui proces tranzitoriu, cantitatea de energie electromagnetică din porţiunile circuitului nu corespunde cantităţii de energie electromagnetică care ar trebui să existe în aceste porţiuni, în acelaşi moment, în noul regim permanent.

201. *Curent liber oscilant.* Curent electric liber care execută oscilaţii cu schimbarea semnului.

202. *Curent liber aperiodic.* Curent electric liber care variază în timp fără a-şi schimba semnul.

203. *Conductanţă tranzitorie.* Funţiune de timp, egală cu raportul dintre curentul tranzitoriu dintr-un circuit electric care se conectează la o tensiune continuă şi valoarea acestei tensiuni.

204. *Circuit oscilant.* Circuit electric care conţine inductanţă şi capacitate şi în care sînt posibile oscilaţii libere de curent şi tensiune.

205. *Frecvenţă proprie a unui circuit oscilant.* Frecvenţa oscilaţiilor libere de curent şi tensiune care se produc într-un circuit oscilant.

206. *Amortizarea unui proces electromagnetic.* Micşorarea treptată, în timp, a unei caracteristici cantitative a unui proces electromagnetic, legată de obicei de disiparea energiei acestui proces.

207. *Decrement logaritmic al oscilaţiior de curent.* Caracteristică a amortizării unui curent liber oscilant, egală cu logaritmul natural al raportului a două valori maxime succesive de acelaşi semn ale curentului.

208. *Constantă de timp a unui circuit electric.* Mărime caracteristică unui circuit electric în care curentul liber este o funcţiune exponenţială de timp ; este egală cu intervalul de timp în care curentul în circuit se micşorează de e = 2,718 ori.

OBSERVAŢIILE TRADUCĂTORULUI

1. Termenul romînesc : *„permitivitatea vidului"*.

2. Pentru a păstra unitatea sistemului terminologic şi a sublinia corespondenţa dintre termenii referitori la mărimile electrice şi termenii legaţi de mărimile magnetice, ar fi indicat să se denumească noţiunea definită la 33 *„inducţie electrică"* (în mod analog cu *„inducţia magnetică"*, nr. 71) renunţîndu-se la termenul paralel *„deplasare"* (a se vedea şi „Electrotehnica", 1955, 12, p. 568).

3. Termenul romînesc : *„permitivitate"*.

4. În textul original sînt prevăzuţi doi termeni, al doilea corespunzînd *„polarizaţiei"* de la 29 (deci în traducere textuală — *„magnetizaţie"*). Ar fi poate bine să se denumească termenii 29 şi 79 *„polarizaţie electrică"*, respectiv *„polarizaţie magnetică"*, însă atunci termenul 23 trebuie denumit *„electrizare"* (şi nu *„polarizare electrică"*), după cum la 78 avem *„magnetizare"*.

5. Termenul romînesc : *„permeabilitatea vidului"*.

6. În textul original : *„rezistenţă magnetică"*.

7. În textul original : *„conductanţă magnetică"*.

8. În limba rusă noţiunilor *„curent variabil"* şi *„curent alternativ"* le corespunde termenul unic *„perementi toc"*, pentru care în textul original se dau două definiţii : una în sens larg (curent variabil) a doua în sens restrîns (curent alternativ). În traducerea de faţă cele două noţiuni se prezintă separat, în conformitate cu semnificaţia concretă a termenilor.

9. În limba romînă se foloseşte de regulă termenul *„pulsaţie"*.

10. În original : *„putere totală"* ; termenul „putere aparentă" este prezentat ca nerecomandat.

11. În original : *„rezistenţă activă"*, spre a face deosebirea de termenii 169, 171, 172, 173 (a se vedea observaţiile 13, 15, 16, 17).

12. În original : *„conductanţă activă"*, spre a face deosebirea de termenii 170, 174 (a se vedea observaţiile 14, 18).

13. În original : *„rezistenţă totală"* ; termenul *„impedanţă"* este prezentat ca nerecomandat.

14. În original : *„conductanţă totală"* ; termenul *„admitanţă"* este prezentat ca nerecomandat.

15. În original : *„rezistenţă reactivă"* ; termenul *„reactanţă"* figurează ca nerecomandat.

16. În original : *„rezistenţă inductivă"*.

17. În original : *„rezistenţă capacitivă"*.

18. În original : *„conductanţă reactivă"*

19. În original : *„rezistenţă complexă"*.

20. În original : *„conductanţă complexă"*.

21. În original : *„sistem de succesiune nulă"*.

22. În original : *„rezistenţă de undă"*.

Încercarea la puterea de rupere a întreruptoarelor de înaltă tensiune

GHEORGHE HORTOPAN – București*)

Încercarea la puterea de rupere a întreruptoarelor de înaltă tensiune constituie o problemă importantă în fabricația acestor aparate. Articolul conține o privire generală asupra problemelor principale legate de schemele și utilajul stațiilor de încercări la puterea de rupere.

CZ 621.316.57.001.4

Fabricile de aparate din țară construiesc, acum, aproape toate seriile de întreruptoare de înaltă tensiune, destinate a lucra în instalațiile energetice. Funcționarea în bune condiții a acestor instalații depinde, în mare măsură, de alegerea corectă a puterii de rupere a întreruptoarelor de protecție, și de funcționare sigură a acestora, atît în cazul avariilor, cît și în cazul manevrelor curente. Creșterea puterilor instalate în centralele electrice și interconectarea acestor centrale prin intermediul rețelelor electrice, creează condiții grele pentru funcționarea întreruptoarelor în cazul întreruperii curenților de scurtcircuit, precum și în cazul întreruperilor sarcinilor reduse de natură inductivă sau capacitivă.

Determinarea puterii de rupere a întreruptoarelor se realizează prin încercări atît în laboratoare cît și direct în rețelele energetice. În prezent încercările, pentru întreruptoarele fabricate în țară, se execută exclusiv în laboratoarele străine.

În acest studiu se expun problemele în contigență cu schemele și utilajul stațiilor de încercări pentru întreruptoare de înaltă tensiune. Deoarece nu există o experiență proprie însemnată, studiul se referă la soluțiile adoptate de unele institute și fabrici constructoare străine. Din acest punct de vedere studiul poate servi ca un element de orientare, în adoptarea unei soluții, pentru situația din țara noastră.

Considerații teoretice. Normele GOST 687—41 [1] definesc puterea de rupere a unui întreruptor ca fiind :

$$P_{nr}^{(3)} = \sqrt{3}\, U_n I_r . \qquad (1)$$

Relația (1) corespunde întreruperii unui circuit trifazat în care s-a notat : $P_{nr}^{(3)}$ — puterea nominală de rupere a întreruptorului (trifazat) ; U_n — tensiunea nominală a liniei, între faze ; I_r — curentul cel mai mare pe care aparatul îl poate întrerupe, fără a se deteriora. Curentul de rupere I_r fiind un curent de scurtcircuit tranzitoriu, forma sa depinde de momentul stabilirii scurtcircuitului. În cazul general acest curent are o componentă periodică și o componentă aperiodică. Astfel că :

$$I_r = \sqrt{I_p^2 + I_{ap}^2} \qquad (2)$$

în care :

I_p este valoarea eficace $\left(\frac{I_{pmax}}{\sqrt{2}}\right)$ a curentului periodic în momentul separării contactelor ;

I_{ap} — valoarea componentei aperiodice în momentul separării contactelor.

În aceste condiții I_r poartă denumirea de *curent asimetric*, iar puterea de rupere corespunzătoare se numește *asimetrică*. Este posibil ca I_r să comporte numai componentă periodică. În acest caz puterea de rupere corespunzătoare se numește *simetrică*. Normele CEI [2] recomandă indicarea puterilor de rupere atît simetrică cît și asimetrică.

La încercarea întreruptorului monopolar, tensiunea de revenire la frecvența nominală este 1,5 U_n, așa cum rezultă din fig. 1. În acest caz puterea de rupere rezultă :

$$P_{nr}^{(1)} = 1{,}5\, U_f I_r . \qquad (3)$$

Raportul între puterea de rupere monofazat și trifazat este :

$$\frac{P_{nr}^{(3)}}{P_r^{(1)}} = \frac{\sqrt{3}\, U_n I_r}{1{,}5\, U_f I_r} = 2 . \qquad (4)$$

Relația (3) este deosebit de importantă avînd în vedere că pentru tensiuni mari (> 60 kV) se execută numai încercări monofazate și mai ales cu ajutorul schemelor sintetice. Cu astfel de scheme au fost încercate întreruptoarele liniei de 400 kV Kuibîșev — Moscova care au putere de rupere de 10 000 MVA [3].

Puterea de rupere, așa cum a fost definită, reprezintă o noțiune convențională ; fără alte precizări, nu redă o imagine a capacității adevărate de rupere a aparatului. Cercetările recente executate de prof. Butchevici I. [4] atrag atenția asupra rolului jucat de componenta aperiodică a curentului de scurtcircuit și asupra frecvenței proprie de revenire.

Componenta aperiodică. Considerarea componentei aperiodice conduce la o putere de rupere mărită, dacă întreruperea are loc în prima perioadă, cînd această componentă poate mări cu 50 % curentul total față de curentul simetric. În rețele aceste valori, relativ mari, ale componentei aperiodice nu pot interveni din cauza întîrzierii la declanșare a releelor și întreruptoarelor. Întreruperea curentului de scurtcircuit simetric (fără componentă de curent continuu) este mai dificilă (mai ales la

*) G. Hortopan este inginer la Institutul de cercetări electrotehnice din București

întreruptoarele pneumatice) decît întreruperea unui curent de valoare efectivă totală egală, dar cu o puternică componentă de curent continuu. Anume componenta de curent continuu

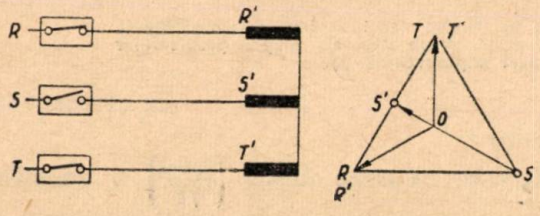


Fig. 1. Întreruperea monopolară. Tensiunea de revenire este SS'.

întîrzie apreciabil trecerea prin zero a curentului și apropie această trecere de trecerea prin zero a tensiunii. Cu alte cuvinte viteza de revenire a tensiunii în camera de stingere scade apreciabil. Pe de altă parte dacă întreruperea are loc în primele două semiperioade căldura dezvoltată în camera de stingere este mult mai mare cu componenta de curent continuu decît fără această componentă. Acest lucru îngreuiază condițiile de stingere. În cazul încercărilor la puterea de rupere prof. Butchevici [4] recomandă încercarea la scurtcircuit numai cu curent de scurtcircuit alternativ (fără componentă aperiodică). Din punct de vedere practic acest lucru este realizabil și a fost introdus în tehnica încercărilor [5]. Această precizare este cu atît mai importantă cu cît nu există stații de încercare pentru încercarea directă a întreruptoarelor mari (10000 MVA); și deci se impune o normalizare a încercărilor indirecte (sintetice) și în rețea.

Frecvența tensiunii de revenire. Fig. 2 arată schema simplificată a unei rețele cu inductanța L și capacitatea proprie C. La producerea unui scurtcircuit întreruptorul S declanșează, iar la bornele lui apare tensiunea de revenire sub forma undei de frecvență industrială modulată de o frecvență mai ridicată, avînd ca valoare $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$. Pe această figură se observă că amplitudinea tensiunii de revenire $\gamma \hat{U}_a$ este mai mare decît amplitudinea normală a tensiunii industriale $\hat{U}_a$. Se determină astfel factorul $\gamma = \hat{U}_{max}/\hat{U}_a$, care se numește și *factorul de amplitudine* sau de oscilație [6]. Tot pe aceeași figură se poate deduce și panta tensiunii de revenire *) $s = \gamma \hat{U}_a \Big/ \left(\frac{T}{2}\right) = 2f_0\gamma\hat{U}_a \cdot V/s$. Creșterea rezistenței electrice, proporțională cu tensiunea de amorsare între contactele întreruptorului, are loc după curba *1* în cazul unui scurtcircuit slab și după curba *2* în cazul unui scurtcircuit puternic. În acest caz punctul P — intersecția curbei tensiunii de revenire cu curba *2* (tensiunea de amorsare) determină reamorsarea arcului între contactele întreruptorului. O tensiune de revenire lentă (frecvență mică) asigură întreruperea arcului, în timp ce o tensiune de revenire cu frecvență mare și deci pantă mare, reduce capacitatea de rupere a întreruptorului. Tensiunea de amorsare între contacte (curba *1*) trebuie să se găsească în permanență deasupra curbei tensiunii de revenire, pentru a nu se produce reamorsarea arcului în întreruptor. Apare acum evident că pentru frecvențe ridicate puterea de întrerupere a întreruptorului scade. Pe baza măsurătorilor în rețele s-au făcut propuneri pentru standardizarea frecvențelor de revenire [7] conform cu tabela 1.

Frecvența tensiunii de revenire este în funcție de tensiunea nominală a rețelei în sensul că pentru tensiuni înalte frecvența tensiunii de revenire este mai redusă decît pentru tensiuni joase. Explicația constă în faptul că la tensiuni

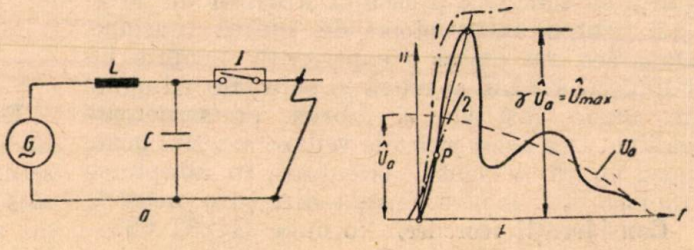


Fig. 2. Cu privire la tensiunea de revenire:
a – schema simplificată a rețelei; *b* – oscilograma tensiunii de revenire

înalte inductanța proprie este mai mare, iar capacitatea mai mică, decît la tensiuni mai puțin înalte. Și puterea de scurtcircuit influențează frecvența proprie a tensiunii de revenire. Puterea de scurtcircuit crește o dată cu numărul

Tabela 1

Recomandări pentru încercarea întreruptoarelor. Raport CIGRÉ 138 din 1948

a	Tensiunea nominală a întreruptorului, kV	6	10	20	30	45	60	80	110	110	220
b	f_0 la 100 % din puterea de rupere kHz	4	3	1,8	1,4	1,1	0,9	0,7	0,6	0,5	0,4
c	f_0 la 50 % din puterea de rupere kHz	20	15	9	7	5,5	4,5	3,5	3	2,5	2

*) Viteza de creștere a tensiunii de revenire.

de centrale în paralel şi reţele în paralel. Prin această creştere capacitatea proprie a reţelei şi deci frecvenţa tensiunii de revenire scade.

Pentru predeterminarea frecvenţei de revenire se folosesc modele dar şi metode de calcul [8]. Metodele de măsură se bazează pe ridicări oscilografice, folosind oscilograful catodic, atît la încercările în reţea cît şi la încercările în laboratoare.

În concluzie puterea de rupere a întreruptorului depinde de *frecvenţa tensiunii de revenire* şi de *factorul de oscilaţie*. Pe de altă parte alegerea tipului de întreruptor în reţea necesită cunoaşterea frecvenţei de revenire şi a factorului de oscilaţie în locul unde va fi montat întreruptorul.

Recomandările CEI [2] cuprind indicaţii complete în vederea determinării la încercare a întreruptoarelor, a factorului de oscilaţie şi a vitezei de creştere a tensiunii de revenire.

Instalaţii pentru verificarea puterii de rupere a întreruptoarelor. Această verificare se execută atît pentru curenţi mici, inductivi şi capacitivi, cît şi pentru curenţi intenşi, de scurtcircuit. Încercările au loc în laboratoare sau în reţele electrice. În cazul încercărilor din laboratoare, pentru puteri mari, se folosesc metode *indirecte*.

Verificarea ruperii curenţilor mici inductivi şi capacitivi. Întreruperea curenţilor decalaţi la 90° electric faţă de tensiune, aşa cum sînt curenţii de gol ai liniilor şi în special ai cablelor precum şi curenţii de gol ai transformatoarelor, impune o tensiune mare de revenire, deoarece întreruperea arcului are loc în momentul trecerii curentului prin zero, iar în acest moment tensiunea este maximă. Pe de altă parte curenţii relativ mici creează dificultăţi de stingere la întreruptoarele cu formare de gaze. Aceste fenomene se mai complică în felul următor. În cazul cînd un curent inductiv este întrerupt forţat la o valoare care diferă de zero energia magnetică a circuitului ($1/2\ L\ I^2$) se transformă în energie electrostatică ($1/2\ CU^2$). După valoarea curentului întrerupt şi constantele circuitului apar supratensiuni mai mult sau mai puţin importante [9]. În cazul cînd se întrerupe o sarcină capacitivă pot apare reamorsări ale arcului în întreruptor, cu apariţie de supratensiuni pînă la 3,1 U_n [10]. Din aceste motive pentru a fi siguri că întreruptoarele pot întrerupe curenţii mici, inductivi sau capacitivi, trebuie făcute încercări în reţea [11].În laborator se determină tensiunea de reamorsare între contactele întreruptorului, în funcţie de timp, pe durata deplasării acestor contacte. Se obţine astfel *caracteristica de gol* a aparatului. Această caracteristică de gol constituie un indiciu privind comportarea întreruptorului la întreruperea sarcinilor reduse.

În fig.3 se arată schema principială a instalaţiei, care este capabilă a produce tensiuni între punctele A, B (la care se conectează întreruptorul I) de forma dinţilor de ferăstrău [12]. Condensatorul C_1 de capacitate relativ mare (2 μF) se încarcă la tensiunea constantă E.

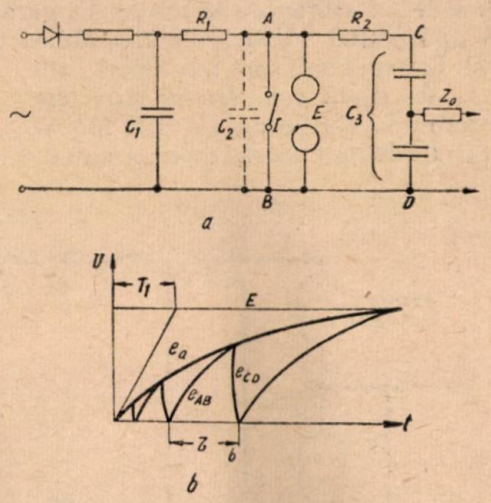


Fig. 3. Ridicarea caracteristicii de gol la întreruptor:
a – schema de principiu; *b* – oscilograma idealizată.

Tensiunea între punctele A şi B dacă neglijăm rezistenţa R_2 este:

$$e_{AB} = E\left(1 - e^{-\frac{t}{T_1}}\right) \qquad (5)$$

cu constanta de timp $T_1 = R_1 (C_2 + C_3)$. Precizăm că: C_2 este capacitatea proprie a întreruptorului, C_3 este capacitatea rezultantă a divizorului de tensiune necesar oscilografului. După timpul de încărcare:

$$\tau = R_1 (C_2 + C_3) \ln \frac{\tau}{1 - \frac{e_a}{E}} \qquad (6)$$

se ajunge la tensiunea de amorsare a întreruptorului

$$e_a = E\left(1 - e^{-\frac{\tau}{R_1 (C_2 + C_3)}}\right). \qquad (7)$$

După amorsarea condensatorului C_3 se descarcă prin întreruptor şi rezistenţa R_2, după relaţia:

$$e_{CD} = e_a e^{-\frac{}{T_2}} \qquad (8)$$

cu constanta de timp $T_2 = R_2 C_3$, care este foarte mică şi din care cauză curba de descărcare se poate considera o dreaptă perpendiculară pe axa timpului. Punctele unind tensiunile de amorsare constituie *caracteristica de gol a aparatului*. Această caracteristică are alură ascendentă şi constituie o indicaţie de modul cum creşte rezistenţa internă a întreruptorului, în perioada separării contactelor, la sarcini foarte reduse.

Verificarea ruperii curenţilor de scurtcircuit. Pentru puteri de rupere 1000—2000 MVA această verificare se execută prin încercări directe în laboratoare de mare putere amenajate

corespunzător. Pentru puteri mai mari decît cele indicate, se recurge la *încercări indirecte* sau la *încercări directe în rețele puternice.*

Încercări directe în laborator. În fig. 4 se indică schema stației de încercări la puteri de rupere aparținînd VÚSE*) din Republica Cehoslovacă. Energia necesară încercării este produsă de două generatoare sincrone cu puterea de tip fiecare de 100 MVA. Generatoarele pot lucra separat sau în paralel.

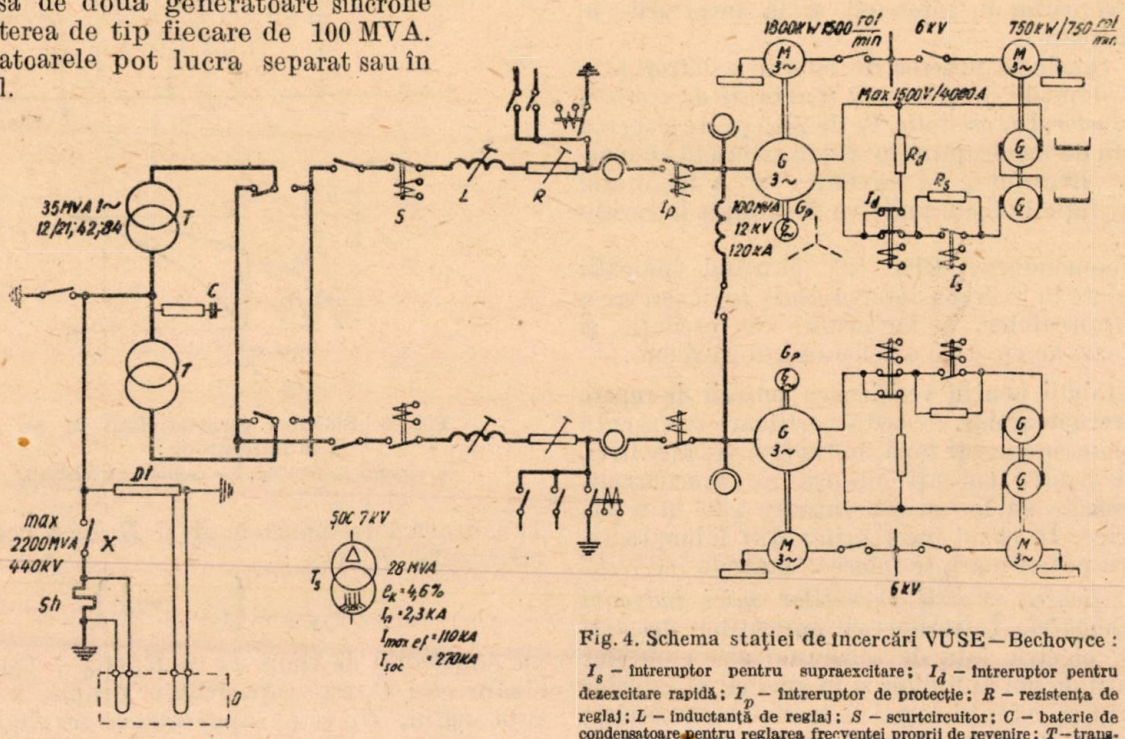


Fig. 4. Schema stației de încercări VÚSE—Bechovice:

I_s — întreruptor pentru supraexcitare; I_d — întreruptor pentru dezexcitare rapidă; I_p — întreruptor de protecție; R — rezistența de reglaj; L — inductanță de reglaj; S — scurtcircuitor; C — baterie de condensatoare pentru reglarea frecvenței proprii de revenire; T — transformatorul de adaptare; D_t — divizor de tensiune; S_h — șunt; T_s — transformator pentru încercări la stabilitatea termică și dinamică; O — oscilograf.

Fiecare generator este antrenat de un motor asincron, cu reostat de pornire, de 1800 kW. Energia de excitație pentru fiecare generator este produsă de două mașini de curent continuu, putînd debita max. 1500 V și 4000 A. Cele două mașini de curent continuu sînt antrenate de un motor asincron de 750 kW, cu reostat de pornire. În circuitul de excitație al generatorului sînt prevăzute rezistențele R_s și R_d, respectiv pentru supraexcitare și pentru dezexcitare rapidă, conectate cu ajutorul contactoarelor I_d și I_s. Statorul generatorului sincron, bobinat trifazat are șase bobine, capabile a fi montate în stea simplă, stea dublă, triunghiu simplu, triunghiu dublu. Tensiunea la montajul stea dublă este de 12 kV, iar curentul maxim 120 kA. Reglarea curentului în circuit se realizează cu ajutorul rezistenței R și inductanței L. Adaptarea la tensiunea aparatului, care se încearcă, se realizează cu ajutorul a trei transformatoare monofazate fiecare de 35 MVA; 12/21, 42, 84 kV; reglajul frecvenței tensiunii de revenire se realizează cu ajutorul bateriei de condensatoare C. Anclanșarea pe scurtcircuit se face cu scurtcircuitorul S, I_p este un întreruptor de protecție. Puterea maximă de scurtcircuit este de cca. 2200 MVA. Tensiunea maximă a aparatelor care se pot încerca este de 440 kV. Prin intermediul divizorului de tensiune D_t și al șuntului — S_h se înscrie pe oscilograme, tensiunea și curentul. Pe baza acestor oscilograme se determină puterea de rupere a aparatului [2].

*) VÚSE — Institutul de cercetări electrotehnice de curenți tari.

Încercări indirecte în laborator. Încercările indirecte denumite și sintetice au drept scop de a verifica puterea de rupere a întreruptoarelor (15000 MVA) dispunînd de surse de energie relativ reduse ca putere. Circuitul prof. Gorev [3] folosește energia acumulată într-un condensator și oscilațiile produse prin descărcarea acestui condensator. Încercările indirecte s-au extins în special asupra întreruptoarelor cu aer comprimat, unde are loc o stingere rapidă. Există totuși posibilitatea de aplicare a acestei metode și la întreruptoarele care își produc singure presiunea necesară stingerii [13]. Principiile de funcționare ale schemelor sintetice au fost stabilite în mare măsură [14].

Cu ocazia ultimei sesiuni CEI — iulie 1957 — la Moscova, s-au purtat discuții în cadrul comitetului 37 privind standardizarea schemei sintetice de încercări.

Schema Weil folosită de AEG pentru încercări sintetice [15] este indicată în fig. 5. Schema prevede un circuit de curent intens, în care limitarea curentului se realizează cu ajutorul inductanței L_b și un circuit capabil să producă tensiunea de revenire formînd din C_e, R_d, C_e, L_e, amorsat cu ajutorul eclatorului F.

Funcționarea se bazează pe faptul că circuitul de tensiune este conectat înainte de trecerea prin zero a curentului principal i_k și curentul oscilant produs de sursa de tensiune înlocuiește

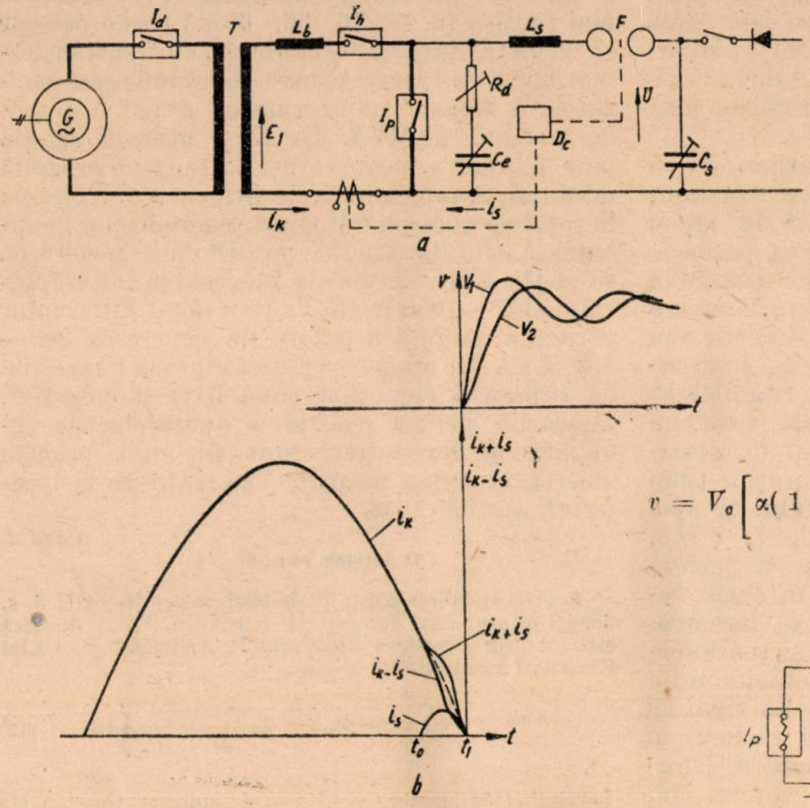


Fig. 5. Montajul Weil:
a – schema de principiu; *b* – diagrama curenților provenind de la sursa de curent intens i_k și de la sursa de tensiune i_s; v_1 – tensiunea de revenire pentru $R_d \neq 0$; v_2 – tensiunea de revenire pentru $R_d = 0$; D_c – dispozitivul de comandă pentru amorsarea eclatorului F.

curentul principal în ultima partea de timp a semiperioadei, astfel că curentul și tensiunea se succed fără pauză [16].

Circuitul de curent intens este alimentat de un generator de scurtcircuit, avînd puterea de tip de 50 MVA. Intreruptorul sincron I_d este închis în momentul cînd tensiunea ajunge valoarea maximă. Întreruptoarele auxiliare I_h și de încercat I_p trebuie să întrerupă circuitul principal simultan. Eclatorul F pentru aplicarea tensiunii de revenire este amorsat cu 15° electric înainte de trecerea prin zero a curentului de scurtcircuit. Tensiunea de revenire rezultă din descărcarea oscilantă a condensatorului C_s, care în prealabil a fost încărcat. Curentul în circuitul principal i_k practic nu este deformat de curentul i_s al sursei de tensiune. În momentul cînd curentul sursei intense trece prin zero, apare tensiunea de revenire V. Pînă la stingerea arcului în I_p este valabilă schema din fig. 6*a*. După stingerea arcului în I_p este valabilă schema din fig. 6*b*. Curentul oscilant se alege mic față de curentul de scurtcircuit, dar totuși, la o astfel de mărime, ca să compenseze abaterea curentului de intensitate mare (a arcului) de la sinusoidă. Panta curentului oscilant la trecerea prin zero trebuie să fie aceeași cu panta naturală a curentului intens ideal, în momentul trecerii prin zero:

$$\frac{di_s}{dt} = \frac{di_k}{dt} = \frac{U}{L_s}. \qquad (9)$$

Ținînd seama de amortizarea mică în circuitul oscilant frecvența tensiunii de revenire se poate admite:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{\frac{C_s C_e}{C_s + C_e}}}. \qquad (10)$$

Expresia analitică a tensiunii de revenire este*).

$$v = V_0\left[\alpha(1 - e^{-\delta t}\cos\gamma t) + \frac{\delta}{\gamma}(2-\alpha)e^{-\delta t}\sin\gamma t\right]. \qquad (11)$$

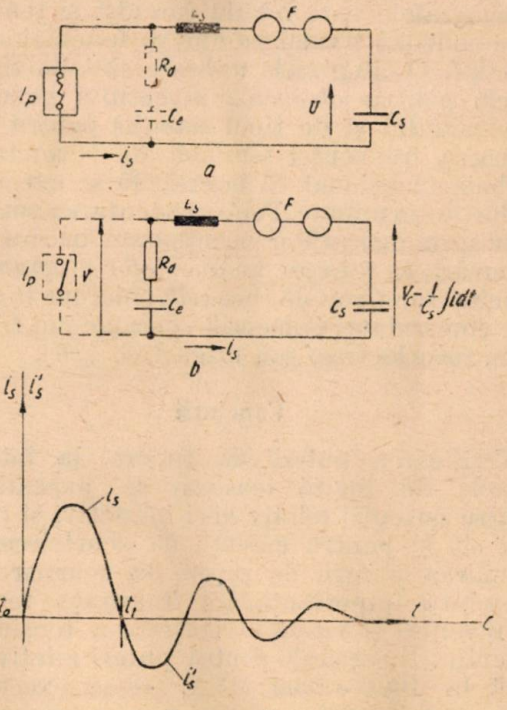


Fig. 6. Funcționarea montajului Weil:
a – schema echivalentă înainte de întreruperea I_p; *b* – schema echivalentă după întreruperea I_p; *c* – diagrama pentru i_s și i'_s.

Incercări de scurtcircuit în rețea. Încercările directe în rețea s-au extins în ultimul timp, în țările ale căror rețele au puteri de scurtcircuit mari, deci cu interconectare puternică.

*) În lucrarea originală [15] există o greșeală de tipar. Autorul a refăcut demonstrația în anexa 1.

Laboratorul central al industriilor electrice (Franța) dispune la Fontenay de un laborator [17] pentru încercări la puterea de rupere cu alimentare, prin intermediul transformatoarelor de adaptare, direct din schema națională de 225 kV. Capacitatea de încercare este egală cu puterea de scurtcircuit de 2800 MVA. Încercarea întreruptoarelor cu ulei puțin de 230 kV la centrala Grand Coulee [18] s-a realizat pînă la putere de 12 000 MVA.

Aparate pentru comandă și înregistrare. Fie că încercările se execută în laborator cu generator de scurtcircuit fie că se execută în rețea, durata scurtcircuitului este de cîteva perioade (3—4). Lucrul acesta este necesar pentru a solicita sursa de energie la minimum. Pentru a obține după dorință scurtcircuitul simetric sau asimetric este necesar ca aparatul de scurtcircuitare (în fig. 4 notat cu *S*) să stabilească scurtcircuitul la valori potrivite ale tensiunii [19]. Pe de altă parte generatorul de scurtcircuit trebuie supraexcitat cu puțin timp înainte de producerea scurtcircuitului și apoi dezexcitat rapid (în fig. 4 pozițiile I_s și I_d). Întreruptorul de protecție (în fig. 4, poziția I_p) trebuie să întrerupă circuitul în cazul nefuncționării întreruptorului care se încearcă. Oscilografele care înscriu curenții și tensiunile funcționează numai pe durata fenomenului de studiat. Oscilografele utilizate sînt de tipul cu buclă pentru obținerea aspectului general al fenomenului și de tipul catodic pentru determinarea frecvenței tensiunii de revenire. Mai trebuie menționat că încercările se execută pe cicluri determinate. Pentru executarea automată a tuturor operațiilor menționate în stațiile de încercări, se prevede un *comutator program*, care trimite impulsuri de comandă sincrone la aparatele comandate. Comenzile sincrone pot fi mecanice, fotoelectrice sau magnetice [20].

Concluzii

Verificarea puterii de rupere la întreruptoarele de înaltă tensiune se execută atît pentru curenții relativ mici inductivi și capacitivi cît și pentru curenții de scurtcircuit. În stabilirea puterii de rupere la scurtcircuit, o deosebită importanță are frecvența tensiunii de revenire și viteza de creștere a tensiunii de revenire. Încercările pentru puteri relativ mici, pînă la 1000—2000 MVA, — se execută în laborator, iar pentru puteri mari se practică fie încercările indirecte fie încercările directe în rețele puternice. O atenție deosebită trebuie să se acorde aparaturii de comandă și înregistrare a fenomenelor.

La noi în țară nu există un laborator central, echipat cu generatoare de scurtcircuit, pentru încercarea întreruptoarelor de înaltă tensiune la puterea de rupere. Pînă la construirea acestui laborator se pot executa încercări în rețeaua de înaltă tensiune existentă. Din acest punct de vedere ar fi indicat să se construiască o stație permanentă de încercări în rețea, alimentată din rețeaua de 110 kV, care are puterea de scurtcircuit cea mai mare.

Pentru încercarea aparatelor de tensiune mai redusă (6, 10, 15, 35, 60 kV) este necesar ca această stație să fie echipată cu trei transformatoare de adaptare pentru tensiunile corespunzătoare, fiecare transformator avînd o putere de ordinul 20 MVA. Dacă și această soluție pare scumpă se poate totuși accepta un program minimal. Anume aparatele urmează a se încerca în rețelele corespunzătoare tensiunilor lor nominale. Astfel din studiile preliminare rezultă că se poate trece imediat la încercarea întreruptorului IUP—10 în rețea. Pentru acest întreruptor se poate asigura o putere de rupere de 200—400 MVA. De asemenea se pot efectua încercările de rupere a curenților capacitivi și inductivi. Lucrările pentru realizarea aparatelor de comandă și înregistrare sînt în curs, primele încercări în rețea urmînd să se realizeze la începutul anului 1958.

Anexa I.

Deducerea relației (11)

Pentru stabilirea ecuațiilor de bază se urmărește fig. 6, *a*. Condensatorul fiind încărcat la tensiunea V_c, se descarcă oscilant prin amorsarea eclatorului *F*. Aplicînd legea I a lui Kirchhoff circuitului se obține:

$$V_c - \frac{1}{C_s}\int i\,dt = R_d\,i + L_s\frac{di}{dt} + \frac{1}{C_e}\int i\,dt. \qquad (12)$$

În relația (12) înlocuim $C = \frac{C_e \cdot C_s}{C_e + C_s}$ și aplicăm transformata Laplace (Carson). Obținem:

$$\mathfrak{L}i = \frac{V_c}{\frac{1}{pC} + pL_s + R_d}. \qquad (13)$$

Cu notațiile:

$$\frac{R_d}{2L_s} = \delta;\ \sqrt{\frac{1}{LC}} = \omega_0;\ \gamma = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$$ și ținînd seamă că $\omega_0 < \delta$, relația (13) se transformă în:

$$\mathfrak{L}i = \frac{V_c}{L_s}\cdot\frac{p}{p^2 + 2\delta p + \omega_0^2}. \qquad (14)$$

Iar funcțiunea originală rezultă [21]:

$$i = \frac{V_c}{L_s}\cdot\frac{e^{-\delta t}}{\gamma}\sin\gamma t. \qquad (15)$$

Tensiunea la bornele întreruptorului rezultă din însumarea tensiunilor de la bornele rezistenței R_d și condensatorului C_e:

$$v = R_d i + \frac{1}{C_e}\int i\,dt. \qquad (16)$$

Înlocuim în relația (16) valoarea lui i din relația (15):

$$v = \frac{R_d}{\gamma L_s}V_c\,e^{-\delta t}\sin\gamma t + \frac{V_c}{L_s C_e \gamma}\left[\frac{e^{-\delta t}(-\delta\sin\gamma t - \gamma\cos\gamma t}{\delta^2 + \gamma^2} + C_t\right]. \qquad (17)$$

Constanta de integrare se determină ţinînd seama că la $t = 0$, $v = 0$. Deci $C_t = \gamma/(\delta^2 + \gamma^2)$. Observăm că :

$$\frac{1}{L_s C_e(\delta^2+\gamma^2)} = \frac{C}{C_e} = \alpha \text{ şi că : } \frac{R_d}{L_s\,\delta} - \frac{1}{\delta^2+\gamma^2} = 2 - \alpha.$$

Înlocuind corespunzător în relaţia (17) pe α şi $2 - \alpha$ şi grupînd termenii se obţine relaţia finală (11).

Bibliografie

[1] GOST 687—41 : Întreruptoare de înaltă tensiune.

[2] * * * : Règles de la CEI pour les disjoncteurs a courant alternatif. Chapitre I. Publication 56. 2-ème Edition. Bureau Central de la CEI Génève 1954.

[3] *Butchevici I., Vasilicv, Glazunov A.* : Partea electrică a centralelor electrice. Traducere din limba rusă. E.d.E.S. 1953 Bucureşti p. 141.

[4] *Butchevici I.* : Unele probleme privind construcţia întreruptoarelor moderne. Electricestvo 75 (1955) 2 p. 13—17.

[5] *Gantenbein A.* : La nouvelle station d'essais à grande puissance. Bul. Oerlikon (1954) 305. p. 55—68.

[6] *Gärtner R.*: Die Einschwingfrequenz in Hochspannungsnetzen. AEG Mitt. 43 (1953) 9/10 p. 316—319.

[7] *Juillard E., Puppikofer E.* : Rapport sur l'activité du comité international d'études des interrupteurs du Ier juillet 1946 au Ier juillet 1948, CIGRE (1948) nr. 138.

[8] *Biermanns I.* : Kurzschlussleistung, Einschwingfrequenz und überschwingfaktor. Elektrotechn. Z.— A 77(1956) p. 435—441.

[9] *Engström R., Bergström L.* : Essais de disjoncteurs ASEA, à air comprimé, 380 et 200 kV. ASEA Revue 29 (1957) 2 p. 23—32.

[10] *Wanger W.* : Introduction aux règles et recommandations pour la coordination des isolements dans les installations à courant alternatif à haute tension. Bull ASE 38 (1947) 26 p. 847—862.

[11] *Bergstrom L.* : Essais des disjoncteurs à haute tension ASEA Revue 29 (1957) 1 p. 9—19.

[12] *Herbst W.* : Bestimmung der Leerlaufkennlinie an Leistungsschaltern. AEG Mitt. 43 (1953) 9/10 p. 309—312.

[13] *Kaplan V., Nasalăr V.* : Utilizarea circuitelor oscilante cuplate pentru încercarea aparatelor de înaltă tensiune fără acţionare rapidă. Electricestvo 73 (1953) 5. p. 13-17

[14] *Acodis M.* : Principiile construirii schemelor artificiale de încercare a instalaţiilor pentru stingerea arcurilor. Electricestvo 73 (1953) 5. p. 18—22

[15] *Slamecka E.* : Die Weil Schaltung, eine Schaltung zur Prüfung von Hochleistungsschaltern. AEG — Mitt. 43 (1953) 9/10 p. 280—285.

[16] *Hochrainer A.* : Das Hochspannungs — Institut der AEG Vortrag auf der 7. Jahrestagung der Elektrotechniker în Weimar 1957. V.T.

[17] *Laborde M.* : L'evolution, en France, des conditions d'essais du matérial d'equipement des réseaux électriques RGE 38 (1954) t. 63, nr. 7 p. 379—400.

[18] *Darland A., Killgore C., Balentine C., Reitz E.* : Field Tests at Grand Coulee Dam on 10000 MVA 230 kV Low-Oil-Content Impulse Circuit Breaker. Amer. Inst. electr. Engrs. Transactions 70 (1951) p. 1377—1385.

[19] *Bolz G.* : Die mathematische Grundlage der Schaltvorgänge Deutsch. Elektrotechn. 10 (1956) p. 90—94.

[20] *Slamecka E.* : Programsteuerung des Ablaufes der Prüfung von Leistungsschaltern. E.u.M. 74 (1957) 9 p. 193—198 şi 10 p. 229—230.

[21] *Weiss A.* von : Ubersicht über die theoretische Elektrotechnik. Vol. I. Akademische Verlagsgeselschaft Geest-Portig. Leipzig 1954 p. 259.

Cuplul electromagnetic dezvoltat de maşina sincronă în momentul conectării acesteia la reţea prin metoda autosincronizării

VASILE N. NEDELCU — Bucureşti*)

Articolul constituie o prelucrare a rezultatelor obţinute de autor în lucrarea de dizertaţie pe care a susţinut-o la Institutul energetic din Moscova sub conducerea prof. P. S. Sergheev, cunoscut specialist în maşini electrice.

CZ 621.313.32.072.9

Într-o lucrare precedentă [1] au fost date ecuaţiile curenţilor, care apar în statorul maşinii sincrone în momentul conectării maşinii respective la reţea prin metoda autosincronizaţiei.

În baza expresiilor obţinute pentru curenţii respectivi se pot deduce cu ajutorul formulei generale a cuplului electromagnetic, cunoscută din teoria celor două reacţii a maşinii sincrone,

$$M = \psi_d\, i_q - \psi_q\, i_d \qquad (1)$$

expresiile diferitelor componente ale cuplului care apar ca rezultat al interacţiunii dintre diversele componente ale curenţilor i_d, i_q şi fluxurilor ψ_d ψ_q.

În cazul cînd se cunosc expresiile curenţilor şi în circuitele statorului şi în circuitele rotorului se poate aplica o formulă echivalentă formulei (1) :

$$M = I_d\, i_q - I_q\, i_d\, (x_d - x_q). \qquad (2)$$

*) Conf. Ing. V. N. Nedelcu este candidat în ştiinţe tehnice, şi-a obţinut titlul în U.R.S.S. sub conducerea prof. P. S. Sergheev, de la Institutul Energetic din Moscova.

În formulele de mai sus s-a notat prin :

M — cuplul electromagnetic instantaneu ;

ψ_d, ψ_q — componentele longitudinală şi transversală ale fluxului rezultant ;

i_d, i_q — componentele longitudinală şi transversală ale curentului statorului ;

I_d, I_q — componentele longitudinală şi transversală ale curentului circuitelor rotorului.

Expresiile componentelor ψ_d, ψ_q pot fi de asemenea determinate din sistemul de ecuaţii Gorev-Park ale maşinii sincrone în ipoteza $r = 0, s = \text{const}$. După efectuarea tuturor transformărilor se găsesc expresiile :

$$\psi_d = e\cos\delta - e\cos\theta' \qquad (3)$$

$$\psi_q = -e\sin\delta + e\sin\theta' \qquad (4)$$

unde :

$$\delta = \delta_0 - st\,;$$

$$\theta' = \delta_0 + (1 - s)\,t\,;$$

s este alunecarea rotorului în momentul conectării statorului la rețea.

Deoarece componentele e cos θ' și e sin θ' sînt condiționate de apariția curenților aperiodici în înfășurările statorului acestea se amortizează cu aceeași constantă de timp ca și a acestor curenți. Faptul că în formulele anterioare aceste componente apar ca staționare se datorește simplificării adoptate mai sus ($r = 0$) adică rezistența statorului a fost neglijată.

Se poate totuși lua în considerație efectul acestei rezistențe scriind expresiile : ψ_d, ψ_q astfel :

$$\psi_d = e \cos \delta - e\ \varepsilon^{-t/T_a} \cos \theta' \qquad (3')$$

$$\psi_q = -e \sin \delta + e\varepsilon^{-t/T_a} \sin \theta'. \qquad (4')$$

În mod asemănător ca și pentru calculul curenților problema se poate analiza considerînd că circuitul de excitație este scurtcircuitat în momentul aplicării tensiunii sistemului ($E_f = 0$) sau că tensiunea de excitație se aplică simultan cu cea a sistemului ($E_f = \text{const}$), deoarece în virtutea liniarizării ecuațiilor diferențiale efectele aplicării celor două tensiuni se însumează algebric.

Determinarea cuplului electromagnetic, care îl dezvoltă mașina sincronă în timpul proceselor tranzitorii reprezintă problema cea mai dificilă din punct de vedere teoretic și cea mai importantă pentru practică, date fiind consecințele neplăcute ce pot avea loc atît în sistemul energetic, cît și în mașina însăși în urma fluctuației de energie care va avea loc între diversele elemente ale sistemului și mașină cît și în urma solicitărilor mecanice la care este supusă mașina.

La funcționarea în regim asincron a mașinii sincrone, fie aceasta excitată sau neexcitată, pentru cuplul electromagnetic, care apare ca rezultat al interacțiunii cîmpurilor electromagnetice ale statorului și rotorului, se obțin ecuații diferențiale neliniare în raport cu unghiul δ.

Din această cauză în literatura tehnică de specialitate în rezolvarea acestei probleme se adoptă o serie de premize simplificatoare, avînd drept scop obținerea unor expresii comode pentru calcul. Aceste premize se referă în deosebi la : rezistența statorului, tensiunea sistemului, numărul de circuite pe rotor, legea de variație a unghiului δ, sistemul de unități relative, sistemul de coordonate, simetria mărimilor electrice ș.a. O rezolvare completă a acestei probleme se poate efectua pentru un caz concret cu ajutorul calculului numeric.

La funcționarea în regim sincron, momentul pe care-l dezvoltă mașina considerîndu-se rezistența statorului egală cu zero, se numește „momentul sincron".

În cazul cînd parametrii geometrici ai mașinii sînt variabili în timp cu o frecvență dublă în raport cu frecvența cîmpului statoric se excită oscilații parametrice între mărimile electrice periodice și mărimile mecanice variabile în timp.

Din această cauză în mașina sincronă cu desimetrie magnetică la suprafața rotorului (cu poli aparenți) spre deosebire de mașina cu poli înecați în prezența cîmpului de excitație a statorului apare așa numitul „moment reactiv".

Momentul sincron în cazul mașinii cu poli aparenți se compune din : componenta fundamentală și componenta reactivă.

În timpul proceselor tranzitorii în circuitele mașinii în afară de „curenții forțați" apar și „curenți liberi". Interacțiunea acestor curenți creează componente suplimentare ale cuplului electromagnetic.

Astfel afară de momentul sincron și momentul asincron (de amortizare) condiționat de rezistențele circuitului rotorului și statorului și de curenții de alunecare ce apar în aceste circuite, apar și componente suplimentare ale cuplului sincron și asincron.

În general, cînd mașina este excitată din două părți (stator, rotor) momentul asincron poate dezvolta o amortizare pozitivă, adică se opune acțiunii acelor forțe, care tind să scoată mașina din regimul sincron, sau o amortizare negativă, cînd o parte din acest moment acționează în același sens cu forțele, care produc procesul tranzitoriu.

Amortizarea pozitivă în mod special depinde de tensiunea statorului și de rezistența rotorului, în timp ce amortizarea negativă depinde de rezistența statorului și de tensiunea aplicată la bornele circuitului rotoric [9].

Influența rezistenței statorului asupra cuplului electromagnetic în timpul proceselor tranzitorii este foarte greu de luat în considerație în calcule, deoarece acest lucru duce la relații extrem de complicate, în majoritatea cazurilor inaplicabile pentru practică.

De aceea, cu excepția unor regimuri speciale (amortizare negativă) expresia cuplului asincron se deduce în ipoteza că rezistența statorului este nulă.

In acest caz cuplul asincron dezvoltă totdeauna o amortizare pozitivă și este asemănător cuplului dezvoltat de mașina asincronă.

Spre deosebire de mașina asincronă, cuplul asincron dezvoltat de mașina sincronă cu poli aparenți la mersul asincron în afară de alunecare mai depinde și de unghiul de funcționare δ.

Calculul cuplului electromagnetic în regimuri tranzitorii poate fi abordat din următoarele puncte de vedere :

a) Poate interesa valoarea cuplului în momentul apariției procesului tranzitoriu.

Pentru aceasta se presupune că toate circuitele constau din supraconductoare ($r = 0$) și că, în consecință, curenții care apar în înfășurări nu se amortizează. Valoarea momentului calculat astfel este maximă.

b) Poate interesa valoarea momentului după ce componentele aperiodice — componenta de frecvență nulă în stator și $(1 \pm s)$ în rotor — se amortizează.

c) Poate interesa valoarea momentului asincron după ce s-au amortizat și componentele periodice și aperiodice, adică în regim staționar (de exemplu: regim asincron).

d) Poate interesa valoarea cuplului electromagnetic în timpul amortizării componentelor tranzitorii (periodice și aperiodice).

În cele ce urmează se va da expresia momentului electromagnetic pe care-l dezvoltă mașina sincronă la conectarea acesteia la rețea prin metoda autosincronizației în ipoteza că alunecarea rotorului este constantă și că mașina are înfășurări de amortizare pe ambele axe.

Înlocuind în formula (1) curenții i_d, i_q cu expresiile (9), (10) din anexă, precum și componentele fluxului ψ_d, ψ_q cu expresiile (3'), (4') se obține următoarea expresie pentru cuplu electromagnetic.

$$M = M_{d2s}(1 - \cos 2\delta) + M_{q2s}(1 + \cos 2\delta) + (M_{q2s} - M_{d2s}) \sin 2\delta +$$
$$+ (A'_1 \sin \delta_0 + A'_2 \cos \delta_0)\, \varepsilon^{-t/T'_d} \sin \delta +$$
$$+ (A''_1 \sin \delta_0 + A''_2 \cos \delta_0)\, \varepsilon^{-t/T''_d} \sin \delta +$$
$$+ (B''_1 \cos \delta_0 + B''_2 \sin \delta_0)\, \varepsilon^{-t/T''_q} \cos \delta +$$
$$+ (A'_1 \sin \delta_0 + A'_2 \cos \delta_0)\, \varepsilon^{-t/T_{da}} \sin[\delta_0 + (1-s)t] +$$
$$+ (A''_1 \sin \delta_0 + A''_2 \cos \delta_0)\, \varepsilon^{-t/T''_{da}} \sin[\delta_0 + (1-s)t] +$$
$$+ (B''_1 \cos \delta_0 + B''_2 \sin \delta_0)\, \varepsilon^{-t/T''_{qa}} \cos[\delta_0 + (1-s)t] +$$
$$+ \{[M_{q2s} + M_{d2s} - M_{d2(1-s)} - M_{q2(1-s)}] \sin t +$$
$$+ [M_{qas} + M_{das} - M_{da(1-s)} - M_{qa(1-s)}] \cos t +$$
$$+ [M_{d2s} + M_{d2(1-s)} - M_{q2s} - M_{q2(1-s)}] \sin[2\delta_0 + (1-2s)t] + [M_{d2s} + M_{da(1-s)} - M_{q2s} M_{qa(1-s)}] \cos$$
$$\cos[2\delta_0 + (1-2s)t]\} \varepsilon^{-t/T_a} +$$
$$+ M_{da(1-s)} \langle \{1 - \cos 2[\delta_0 + (1-s)t]\} +$$
$$+ M_{qa(1-s)} \{1 + \cos 2[\delta_0 + (1-s)t]\} +$$
$$+ [M_{q2(1-s)} - M_{d2(1-s)}] \sin 2[\delta_0 + (1-s)t] \} \varepsilon^{-2t/T_a},$$

unde:

$$M_{das} = \frac{e^2}{2x_d} \cdot$$
$$\cdot \frac{s\,[(T_f + T_c)(1 - s^2 T'_d T''_d) - (T'_d + T'_c)(1 - s^2 T_f T''_d)]}{(1 - s^2 T'_d T''_d)^2 + s^2 (T'_d + T'_c)^2}$$

$$M_{qas} = \frac{e^2}{2x_q} \cdot \frac{s(T_q - T'_q)}{1 + s^2 T'^2_q}$$

$$M_{d2s} = \frac{e^2}{2x_d} \frac{(1 - s^2 T_f T''_{d_0})(1 - s^2 T'_d T''_d) + s^2 (T'_d + T'_c)(T_f + T_c)}{(1 - s^2 T'_d T''_d)^2 + s^2 (T_d + T'_c)^2}$$

$$M_{q2s} = \frac{e^2}{2x_q} \frac{1 - s^2 T'_d T_q}{1 + s^2 T'^2_q}$$

$$M_{da(1-s)} = [M_{das}]; \quad s = (1-s);$$

$$M_{d2(1-s)} = [M_{d2s}]; \quad s = (1-s);$$

$$M_{qa(1-s)} = [M_{qas}]; \quad s = (1-s);$$

$$M_{q2(1-s)} = [M_{q2s}]; \quad s = (1-s);$$

$$A'_1 = e^2 \left(\frac{1}{x'_d} - \frac{1}{x_d}\right) \frac{T'_d [1 + s(1-s)^2 T'^2_d]}{(1 + s^2 T'^2_d)[1 + (1-s)^2 T'^2_d]}$$

$$A'_2 = e^2 \left(\frac{1}{x'_d} - \frac{1}{x_d}\right) \frac{(2s-1) T'_d}{(1 + s^2 T'^2_d)[1 + (1-s)^2 T'^2_d]}$$

$$A''_1 = e^2 \left(\frac{1}{x''_d} - \frac{1}{x'_d}\right) \frac{T''_d [1 + s(1-s)^2 T''^2_d]}{(1 + s^2 T'^2_d)[1 + (1-s)^2 T'^2_d]}$$

$$A''_2 = e^2 \left(\frac{1}{x''_d} - \frac{1}{x'_d}\right) \frac{(2s-1) T''^2_d}{(1 + s^2 T'^2_d)[1 + (1-s)^2 T'^2_d]}$$

$$B'_1 = e^2 \left(\frac{1}{x'_q} - \frac{1}{x_q}\right) \frac{T'_q [1 + s(1-s)^2 T'^2_q]}{(1 + s^2 T'^2_q)[1 + (1-s^2) T_q^2]}$$

$$B''_2 = e^2 \left(\frac{1}{x'_q} - \frac{1}{x_q}\right) \frac{(2s-1) T_q^2}{(1 + s^2 T'^2_q)[1 + (1-s)^2 T'^2_q]}$$

T_a — constanta de timp a înfășurării statorului:

$$\frac{1}{T'_{da}} = \frac{1}{T'_d} + \frac{1}{T_a}; \quad \frac{1}{T''_{da}} = \frac{1}{T''_d} + \frac{1}{T_a}; \quad \frac{1}{T'_{qa}} = \frac{1}{T'_q} + \frac{1}{T_a}.$$

În expresia cuplului electromagnetic se observă următoarele componente:

— componentele staționare primele trei ale cuplului electromagnetic dezvoltat de mașina sincronă cu poli aparenți la funcționarea în regim asincron;

— componentele tranzitorii ale căror constante de timp sînt următoarele:

$$T'_d, T''_d, T''_q, T'_{da}, T''_{da}, T''_{qa}, T_a, T_a/2.$$

Componentele staționare ale cuplului electromagnetic cînt condiționate de interacțiunea dintre componentele staționare ale curenților i_d, i_q și ale fluxurilor ψ_d, ψ_q la funcționarea în regim asincron.

Primele două componente reprezintă valoarea cuplului asincron dezvoltat de înfășurările de pe axele d, q.

Spre deosebire de cuplul asincron pe care l-ar dezvolta mașina asincronă care ar avea, de exemplu, parametrii circuitelor plasate pe axa q și a cărui valoare ar fi $2M_{qas}$ și nu ar depinde de valoarea unghiului δ, în cazul de față, datorită desimetriei întrefierului mașinii sincrone cu poli aparenți, acest cuplu în decursul

unei perioade ($\delta = 0°$ pînă la 360°) constă dintr-o componentă constantă și egală cu M_{qas} și o altă componentă periodică, a cărei valoare medie în timpul unei perioade este egală cu zero. Aceste componente produc numai oscilații ale rotorului. Același lucru se observă și în cazul componentei longitudinale a cuplului asincron.

Trebuie subliniat faptul că cele două componente periodice ale cuplului asincron, longitudinală și transversală se află în opoziție de fază, ceea ce înseamnă că asupra rotorului va acționa un cuplu oscilatoriu egal cu diferența dintre ($M_{das} - M_{qas}$).

Expresia cuplului în cazul unei mașini fără înfășurare de amortizare pe axa longitudinală se poate deduce din expresia generală a cuplului, înlocuind toate constantele de timp ale înfășurării de amortizare cu zero.

Cea de a treia componentă staționară reprezintă cuplul reactiv al mașinii sincrone în regim asincron.

În cazul unei mașini cu poli înecați se poate scrie: $x_d = x_q$. În acest caz componentele periodice ale cuplului asincron cît și componentele reactive se anulează, valoarea cuplului devenind egală cu 2 M_{das} sau 2 M_{qas}, care reprezintă cuplul dezvoltat de o mașină asincronă la o alunecare S.

Componentele tranzitorii ale cuplului electromagnetic apar ca rezultat al interacțiunii dintre componentele staționare ale fluxurilor rezultante la funcționarea în regim asincron și componentele tranzitorii ale curenților din cele două axe ale mașinii și invers, precum și dintre componentele tranzitorii ale fluxului și curenților.

Formula obținută pentru cuplul electromagnetic este generală. Din această formulă se pot obține formulele cuplului și pentru alte cazuri punînd condițiile corespunzătoare, referitoare la simetria mașinii, înfășurările de amortizare etc.

În concluzie, trebuie subliniat aportul oamenilor de știință sovietici în rezolvarea acestei probleme, care pentru prima dată în practica exploatării mașinii sincrone, au reușit să rezolve problemele ridicate de aplicarea pe scară industrială a metodei autosincronizării [3—8].

Anexa 1

Pentru determinarea expresiei curenților care apar în înfășurările statorului în momentul conectării acestuia la rețea s-a plecat de la ecuațiile fundamentale Gorev-Park:

$$e_d = p\psi_d - \psi_q p\theta - ri_d \quad (1)$$

$$e_q = p\psi_q + \psi_d p\theta - ri_q \quad (2)$$

$$\psi_d = G(p) E_d - x_d(p) i_d \quad (3)$$

$$\psi_q = -x_q(p) i_q \quad (4)$$

unde:

r este rezistența statorului;
θ — unghiul mișcării absolute a rotorului (față de stator);
$G(p)$ — conductanța operațională;
$x_d(p)$ — reactanța operațională longitudinală;
$x_q(p)$ — reactanța operațională transversală.

Rezolvînd sistemul (1 — 4) în raport cu i_d, i_q, înlocuind pe e_d, e_q cu valorile:

$$e_d = e \sin\delta; \quad (5)$$

$$e_q = e \cos\delta; \quad (6)$$

în ipoteza că mașina se conectează la un sistem de putere infinită, operatori $x_d(p)$, $x_q(p)$ cu expresiile:

$$x_d(p) = x_d \frac{1 + p(T'_d + T'_c) + p^2 T''_d T'_d}{1 + p(T_f + T_c) + p^2 T_f T''_{do}} \quad (7)$$

$$x_q(p) = x_q \frac{1 + pT'_q}{1 + pT_q} \quad (8)$$

în cazul că mașina cu poli aparenți are înfășurări de amortizare pe cele două axe și aplicînd teorema descompunerii se găsesc următoarele expresii pentru curenții statorului: ($E_f = 0$)

$$i_d(t) = -\frac{e}{x_d(s)} \cos(\delta_0 - st - \psi_{sd}) + \frac{e\varepsilon^{-t/T_a}}{x_d(1-s)} \cos[\delta_0 + (1-s)t + \psi_{(1-s)d}] + e B(s) \varepsilon^{-t/T'_d} \sin(\delta_0 + \beta_d) + e B'(s) \varepsilon^{-t/T''_d} \sin(\delta_0 + \beta'_d) \quad (9)$$

$$i_q(t) = \frac{e}{x_q(s)} \sin(\delta_0 - st - \psi_{sq}) - \frac{e}{x_q(1-s)} \sin[\delta_0 + (1-s)t + \psi_{(1-s)q}] + B''(s) \varepsilon^{t/T''_q} \cos(\delta_0 + \beta_q) \quad (10)$$

unde:

$$x_d(s) = |x_d(p)|_{p=js}; \qquad x_d(1-s) = |x_d(p)|_{p=j(1-s)}$$

$$x_q(s) = |x_q(p)|_{p=js}; \qquad x_q(1-s) = |x_q(p)|_{p=j(1-s)}$$

$$B(s) = \left(\frac{1}{x'_d} - \frac{1}{x_d}\right) \frac{T'_d}{\sqrt{1 + s^2 T'^2_d}\sqrt{1 + (1-s)^2 T'^2_d}}$$

$$B'(s) = \left(\frac{1}{x''_d} - \frac{1}{x'_d}\right) \frac{T''_d}{\sqrt{1 + s^2 T'^2_d}\sqrt{1 + (1-s)^2 T'^2_d}}$$

$$B''(s) = \left(\frac{1}{x'_q} - \frac{1}{x_q}\right) \frac{T'_d}{\sqrt{1 + s^2 T'^2_d}\sqrt{1 + (1-s)^2 T'^2_q}}$$

$$\psi_{sd} = \varphi_{sd} - \varphi'_{sd}$$

$$\varphi_{sd} = \operatorname{arc\,tg} \frac{s(T_f + T_c)}{1 - s^2 T_f T''_{do}};$$

$$\varphi''_{sd} = \operatorname{arc\,tg} \frac{s(T'_d + T'_c)}{1 - s^2 T'_d T''_d}$$

$$\psi_{(1-s)d} = \varphi_{(1-s)d} - \varphi'_{(1-s)d};$$

$$\varphi_{(1-s)d} = \operatorname{arc\,tg} \frac{(1-s) T_f + T_c)}{1 - (1-s)^2 T_f T''_{do}};$$

$$\varphi_{(1-s)d} = \operatorname{arc\,tg} \frac{(1-s)(T'_d + T'_c)}{1-(1-s)^2 T'_d T''_d}$$

$$\psi_{sq} = \varphi_{sq} - \varphi'_{sq}$$

$$\varphi_{sq} = \operatorname{arc\,tg}(s\,T_q)\,; \quad \varphi'_{sq} = \operatorname{arc\,tg}(s\,T'_q)$$

$$\varphi_{(1-s)q} = \operatorname{arc\,tg}[(1-s)\,T_q]\,; \quad \varphi'_{(1-s)q} = \operatorname{arc\,tg}[(1-s)\,T'_q]$$

$$\beta_d = \varphi'_{sd} - \varphi'_{(1-s)d}$$

$$\beta'_d = \varphi''_{sd} - \varphi''_{(1-s)d}$$

$$\varphi''_{sd} = \operatorname{arc\,tg}(s\,T''_d)$$

$$\varphi''_{(1-s)d} = \operatorname{arc\,tg}[(1-s)\,T''_d]$$

$$\beta_q = \varphi'_{sq} - \varphi'_{q(1-s)}$$

$T_c, T''_{d_0}, T'_c, T''_d$ — constantele de timp ale înfăşurării de amortizare longitudinală cînd înfăşurarea de excitaţie şi a statorului sînt deschise ; numai a statorului deschisă şi cea de excitaţie închisă ; numai cea de excitaţie deschisă şi a statorului închisă ; toate înfăşurările închise ;

T_f, T'_d — constantele de timp ale înfăşurării de excitaţie cînd respectiv : toate celelalte înfăşurări sînt deschise, numai înfăşurarea statorului închisă ;

T_q, T'_q — constantele de timp ale înfăşurării de amortizare transversale cînd : înfăşurarea statorului este deschisă ; cînd înfăşurarea statorului este închisă ;

x_d, x_q — reactanţele sincrone longitudinală şi transversală.

Bibliografie

[1] *Nedelcu V. N.* : Curenţii în maşina sincronă la autosincronizare. Studii şi cercetări de energetică, (1956) nr. 1—2.

[2] *Liuter R. A.* : Momenti vrascenia asinhronnoi maşini v asinhronnom rejime. Vest. Electroprom. (1951) nr. 10

[3] *Mamikonianţ L. G., Siromiatnikov I. A.* : Vcliucenie sinhronnîh generatorov na paralelnuiu rabotu po metodu samosinhronizaţii, Electriceskie Stanţii (1949) nr. 9.

[4] *Siromiatnikov I. A.* : Primenenie sposoba samosinhronizaţii dlia vcliucenia sinhronnîh maşin na paralelnuiu rabotu, Electricestvo, (1954) nr. 8.

[5] *Gluşko* : Vcliucenie gidrogheneratorov v seti sposobom samosinhronizaţii, Dissertatia 1953, Leningrad.

[6] *Mamikonianţ L. G.* : Electromagnitnie momenti vrascenia sinhronnîh maşin pri vcliucenii ih v seti cposobom samosinhronizaţii, Electricestvo, (1954) nr. 8.

[7] *Nedelcu N. V.* : Perehodnie proţessi v sinhronnîh maşinah pri samosinhronizaţii, Dissertaţia 1955, Moscova.

[8] Trudi T.N.I.E.L. — 1956 — consacrat problemelor autosincronizării.

[9] *Liwschitz M. M.* : Positive and Negative Damping in Synchronous Machinery, Trans. Amer. Inst. electr. Engr. 1941, p. 210.

Studiul cu ajutorul oscilografului şi fotografierii rapide a procesului de stingere a arcului electric la aparatele de joasă tensiune

Of 244/58 LEFORDITVA

ARISTIDE C. PREDOIU — Bucureşti *)

Studiul mişcării arcului electric cu ajutorul oscilografului şi fotografierii rapide a fost iniţiat de profesorul O. B. Bron, din U.R.S.S. Autorul articolului, după o trecere în revistă a rezultatelor obţinute de O. B. Bron, descrie o instalaţie similară realizată la fabrica Electroaparataj şi dă rezultatele încercărilor efectuate pe aparate de joasă tensiune.

CZ 621.316.5.064.4

1. Consideraţii generale

Arcul electric întîlnit în aparatele electrice poate fi de două feluri : arc scurt şi arc lung.

Arcul electric scurt este caracterizat prin procese ce au loc pe cei doi electrozi sau contacte pe cînd arcul electric lung se caracterizează prin procese predominante în coloana de arc. Arcul electric scurt este menţinut de tensiuni relativ mici, de cel mult 60 V, pe cînd cel lung necesită tensiuni mai mari.

Ultima consideraţie, aşa cum se va arăta mai departe, conduce la principiul constructiv prin care în poziţia deschisă a contactelor unui aparat se obţine un arc scurt care prin anumite mijloace se alungeşte astfel, încît tensiunea disponibilă să devină insuficientă pentru a-l menţine. Procesul de ardere a arcului electric este intensificat în special de ionizarea prin şoc, emisiunea termoelectronică şi ionizarea datorită temperaturii înalte a gazului din spaţiul de arc [1].

*) Ing. Aristide C. Predoiu este inginer proiectant principal la fabrica Electroaparataj.

Limitarea fenomenelor de ionizare oferă condiţii optime de stingere a arcului. Ionizarea prin şoc este limitată prin creşterea presiunii aerului ce înconjoară coloana de arc, prin care se micşorează parcursul liber, deci şi viteza de deplasare a electronilor.

Micşorarea temperaturii, răcirea aerului, limitează intensificarea arderii arcului electric datorită emisiunii termoelectronice. Răcirea arcului limitează de asemenea apariţia vaporilor metalici care constituie mediul cel mai favorabil ionizării.

Simultan însă cu fenomenele de ionizare menţionate, în coloana de arc se produc şi fenomene de deionizare, favorabile stingerii arcului, care sînt : neutralizarea particulelor încărcate din spaţiul de arc şi difuzarea acestor particule în afara coloanei de arc.

Neutralizarea particulelor se produce prin :

— atingerea lor cu pereţi sau corpuri răcite ;

— recombinarea a două particule de semn contrar cu participarea unei particule neutre de gaz.

Difuzarea particulelor din spațiul de arc în afară produce un transfer de căldură din coloana de arc în afară, ca și cum ar fi vorba de un fenomen de transmisie a căldurii. Neutralizarea ca și difuzarea particulelor sînt aproximativ invers proporționale cu diametrul coloanei de arc.

2. Metode și dispozitive de stingere a arcului electric

Stingerea arcului electric se obține dacă se realizează:

— mărirea vitezei de deionizare;

— micșorarea vitezei de restabilire a tensiunii de arc și creșterea rigidității dielectrice a spațiului de arc peste valoarea tensiunii arcului.

Mărirea vitezei de deionizare se realizează prin:

— alungirea arcului electric;

— mișcarea intensă a aerului cald din spațiul înconjurător;

— dirijarea unui curent de gaze sau lichide, longitudinal sau transversal pe arc;

— contactul arcului electric cu medii dielectrice — efectul camerelor cu deschidere îngustă;

— fracționarea arcului într-o serie de arcuri scurte.

Micșorarea vitezei de restabilire a tensiunii și creșterea rigidității dielectrice se realizează prin:

— înserarea de rezistențe în serie cu arcul — lucru mai rar întîlnit în aparatele de joasă tensiune;

— creșterea rezistenței arcului prin: efectul forțelor electrodinamice, al camerelor de stingere de tip combinat, al pereților transversali și al autosuflajului magnetic.

3. Mijloacele de cercetare a stingerii arcului electric

În scopul găsirii celor mai perfecționate dispozitive care să asigure stingerea arcului electric de mare putere, fără să producă urmări grave asupra aparatelor electrice de joasă tensiune și asupra instalațiilor protejate, s-au făcut diferite cercetări. Acum se știe că arcul se stinge mai ușor cînd este alungit suficient și mai ales cînd viteza sa de deplasare în direcție normală pe direcția alungirii este suficient de mare. Potrivit scopului s-au creat mijloacele de cercetare adecvate.

Cercetînd alungirea mecanică, conform schemei din fig. 1, realizată prin deplasarea axială a contactelor s-a determinat viteza tangențială de deplasare a arcului electric. Concluziile la care s-a ajuns, în urma experiențelor efectuate cu ajutorul oscilografului cu bucle și dispozitivului de fotografiere rapidă, au fost:

— picioarele arcului rămîn fixe la o deplasare axială variabilă a contactelor;

— durata arcului este invers proporțională cu viteza de deplasare a contactelor;

— lungimea arcului în momentul stingerii sale nu depinde nici de valoarea vitezei tangențiale de alungire, nici de valoarea curentului.

Cercetînd viteza de deplasare a arcului, normală pe direcția alungirii (conform schemei

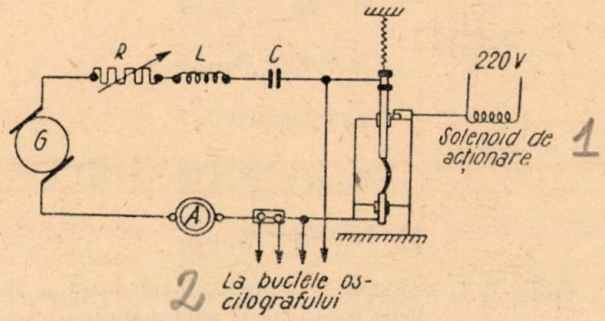


Fig. 1. Schema principală ce se aplică la cercetarea alungirii mecanice axiale a arcului electric.

din fig. 2) sub influența unui cîmp de suflaj magnetic exterior, s-a ajuns la următoarele concluzii:

— viteza de deplasare a arcului între două lamele paralele crește cu creșterea curentului

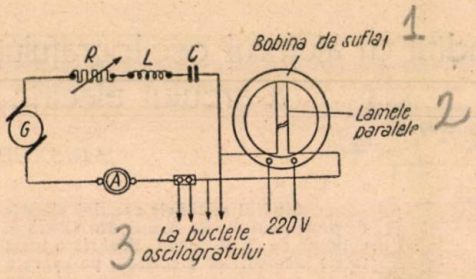


Fig. 2. Schema principală ce se aplică la cercetarea vitezei normale de mișcare a arcului, între două lame paralele.

și a cîmpului magnetic de suflaj, dacă distanța între lamele se menține constantă;

— viteza de deplasare a arcului este influențată în mod simțitor de distanța dintre lamele, deoarece intervin forțele aerodinamice de frînare.

Cu ajutorul dispozitivului de fotografiere rapidă și a oscilografului cu bucle s-a cercetat de asemenea și procesul stingerii arcului prin dispozitive ce realizează atît o alungire a arcului (viteză tangențială) cît și o deplasare normală pe direcția alungirii (viteza normală). Genurile de dispozitive ce au realizat o asemenea stingere a arcului sînt diferitele tipuri de camere de stingere, combinate cu diferite forme de coarne de suflaj.

Există diferite tipuri de dispozitive pentru fotografierea rapidă sau filmarea arcului electric. Ne vom referi în cele ce urmează numai la tipul cu disc în care sînt prevăzute anumite fante, construit de Acad. prof. O. B. Bron, din Uniunea Sovietică, în două variante.

a) *Prima variantă* (fig. 3) constă din următoarele părți principale :

— două camere fotografice în care sînt introduse două casete, cuprinzînd cîte o placă fotografică de dimensiuni 9 ×12 ; fiecare cameră fotografică este împărțită în 12 încăperi, iar în fața acestor încăperi se află obiectivele fotografice în număr de 24 ;

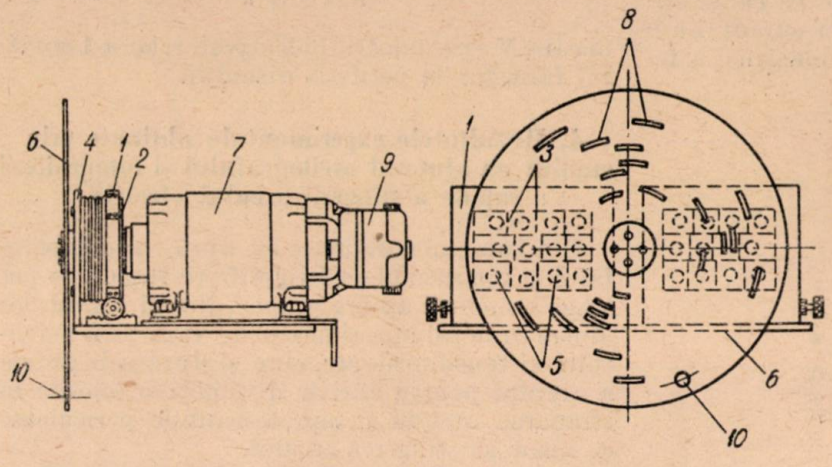


Fig. 3. Dispozitiv de fotografiere rapidă a arcului cu mai multe obiective :
1 — camera fotografică ; *2* — placa fotografică ; *3* — pereți transversali ; *4* — perete anterior ; *5* — obiectiv fotografic ; *6* — disc ; *7* — electromotor ; *8* — fante ; *9* — tacometru sincron ; *10* — nit înregistrator.

— un disc din tablă de duraluminiu, pertinax sau preșpan care prezintă un număr de fante egal cu al obiectivelor fotografice, adică 24 ; discul se află în fața obiectivelor ;

— un electromotor cu aproximativ 6 000 rot/minut, care antrenează discul.

Fantele din disc sînt dispuse pe diferite circumferințe astfel încît în timpul unei rotații fiecare fantă să închidă și să deschidă o singură dată cîte un obiectiv fotografic. Durata dintre două deschideri succesive ale obiectivelor este egală cu 1 :24 din durata unei rotații a discului ; viteza electromotorului se alege astfel încît durata unei singure rotații să fie egală cu durata fenomenului ce trebuie fotografiat, respectiv cu durata de ardere a arcului iar tot procesul arderii este înregistrat pe 24 de fotografii care reprezintă 24 de etape egal distanțate în timp (după numărul obiectivelor). Obiectivele aparatului sînt lentile tip monoclu, cu diametrul de 15 mm fără defecte de aberație și de distorsiune, cu o distanță focală de 50 mm. Dimensiunile fotografiei ce se obține, sînt de aproximativ 25 ×30 mm. Din punct de vedere constructiv, aparatul acesta cu disc, este mult mai simplu și mai ieftin decît alte tipuri.

Performanțele pe care le oferă aparatul pentru fotografiere rapidă cu disc, sînt :

— la o turație normală de 6 000 rot/min, adică 6 000/60 = 100 rot/s, pentru un număr de 24 obiective, intervalul dintre două fotografii, este de 1/2 400 s ;

— la o turație mărită peste 6 000 rot/min și la creșterea numărului fantelor pe disc și al obiectivelor, se pot obține fotografii care să aibă o succesiune la o durată de 1/4 800 s și chiar pînă la 1 /10 000 s.

Cu cît numărul de fotografii ce se obțin la studiul stingerii arcului este mai mare, cu atît se poate obține mai fidel evoluția fenomenului.

b) *A doua variantă* de dispozitiv pentru fotografiere rapidă se deosebește de precedenta prin aceea că nu folosește un număr atît de mare de obiective, ci un simplu aparat de fotografiat (fig. 4). În plus, discul are fantele la periferie, cuprinse între două circumferințe.

Dacă prin tipul din varianta anterioară se obțineau 24 de imagini succesive ale arcului, din momentul separării contactelor pînă în momentul stingerii, în cazul variantei cu un aparat de fotografiat, întreaga evoluție a stingerii arcului se înregistrează pe o singură fotografie.

Fotografierea în acest caz se realizează în modul următor : o fantă permite ca arcul ce ocupă o anumită poziție să impresioneze placa fotografică ; atunci cînd fanta următoare va trece prin fața plăcii fotografice, arcul va fi deplasat și va avea o nouă poziție diferită de cea anterioară, care va impresiona o altă regiune a plăcii fotografice și așa mai departe. Dacă se alege viteza motorului în așa fel încît durata unei rotații să fie egală cu durata aproximativă, în care se poate produce stingerea arcului și dacă la periferia discului se află 4 fante, atunci pe aceeași fotografie, după operația de fotografiere, se obțin patru poziții distincte. În felul acesta se poate observa evoluția stingerii arcului electric și, de asemenea se pot observa dimensiunile pe care le-a atins flacăra sa.

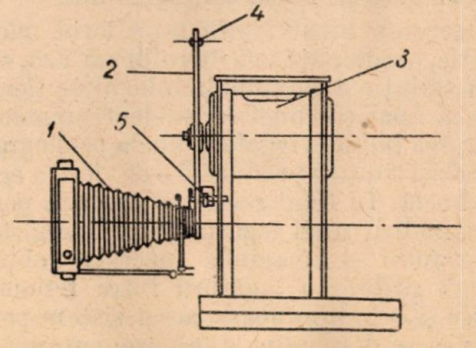


Fig. 4. Dispozitiv de fotografiere rapidă a arcului cu un singur obiectiv :
1 — aparat fotografic ; *2* — disc ; *3* — electromotor ; *4* — nit înregistrator ; *5* — dispozitiv de sincronizare.

Prin operația de fotografiere rapidă atît cu dispozitivul din varianta I cît și cel din varianta a II-a, descrise sumar mai sus, se obține numai

imaginea vizuală, se înregistrează numai fenomenele luminoase ce însoțesc arcul electric. Este necesar să se obțină și imaginea fenomenului electric ce însoțește arcul electric, adică felul în care variază mărimile electrice ce caracterizează arcul, respectiv tensiunea și curentul din arc. În scopul obținerii imaginii electrice a fe-

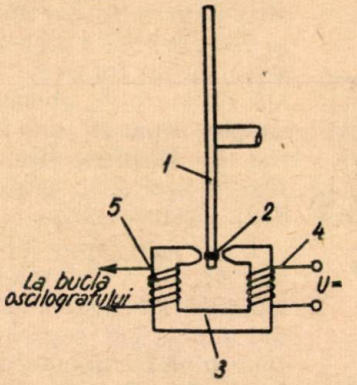


Fig. 5. Schema dispozitivului pentru sincronizarea fotografierii și oscilografierii:
1 – disc; 2 – nit; 3 – miez magnetic; 4 – bobină în curent continuu; 5 – bobină legată la bornele oscilografului.

nomenului de stingere a arcului, se folosește oscilograful cu bucle.

Oscilografierea mărimilor electrice se obține simultan cu fotografierea rapidă. Simultaneitatea înregistrării fenomenelor luminoase și electrice se realizează în mod simplu astfel: pe periferia discului se aplică un nit înregistrator (fig. 5) din fier care în timpul unei rotații trece prin întrefierul unui electromagnet cu două înfășurări, una alimentată în curent continuu, iar cealaltă legată la bucla oscilografului.

La trecerea nitului prin întrefierul miezului magnetic, permeanța întrefierului variază, se produce o variație a fluxului în miezul de fier, care provoacă apariția unei forțe electromotoare în înfășurarea bobinei legată la bucla oscilografului și în același timp se produce și o deviere a oglinzii de pe buclă. În felul acesta se creează posibilitatea stabilirii unei legături între înregistrările oscilografului și imaginile succesive obținute. Pe lîngă stabilirea legăturii între fenomenele electrice și cele luminoase, acest sistem permite în plus să se determine după oscilogramă, cu o foarte mare precizie durata unei rotații a discului cum și intervalele de timp dintre imaginile succesive ce se fotografiază.

Este necesar să se sublinieze că în cazul cînd sînt necesare vitezele de rotație de peste 6 000 rot/min, cum ar fi de 12 000 sau 24 000 rot/min, discul trebuie să fie de construcție specială, din oțel, avînd forma corpului de egală rezistență. Pentru antrenarea unui asemenea disc se utilizează un sistem de transmisie.

Formula care dă durata dintre două fotografii succesive este:

$$t = \frac{60}{N(n-1)\ n}\ [s]$$

în care N este numărul obiectivelor, iar n-1 numărul fantelor la periferia discului.

4. Rezultatele experimentale obținute prin studiul cu ajutorul oscilografului și fotografierii rapide a stingerii arcului electric

Din imaginile obținute cu ajutorul oscilografului și aparatului de fotografiere rapidă se pot trage concluzii asupra proporțiilor și legăturilor dintre dimensiunile și modul de variație a curentului și tensiunii de arc, cum și durata de ardere a arcului pentru diferite dispozitive folosite la stingerea arcului și supratensiunile periculoase ce însoțesc stingerea arcului.

Se vor indica rezultatele obținute pe grupe și categorii de aparate.

4.1. *Întreruptoare cu pîrghie.* Din experiențele ce s-au efectuat în legătură cu stingerea arcului, din oscilogramele ridicate și fotografiile ce au redat întreg procesul stingerii în faze succesive, s-a ajuns la cele mai economice construcții cu cele mai bune performanțe.

S-a ajuns la concluzia că cele mai bune condiții de stingere a arcului, în timpul cel mai scurt s-au realizat prin scurtarea cuțitelor întreruptoarelor cu pîrghie. Astfel lungimea critică a cuțitului a fost aleasă lungimea corespunzătoare ruperii în bune condiții a unui curent de 70 A la 550 V [3], [8].

Pornind de la această lungime optimă, s-au făcut încercări mărindu-se curentul și căutîndu-se lungimea optimă, care asigură stingerea arcului în cele mai bune condiții pentru alți curenți.

Ceea ce trebuie precizat în legătură cu stingerea arcului electric la întreruptoarele cu pîrghie este că pînă la 70 A, această stingere se produce datorită alungirii mecanice, iar peste 70 A, datorită acțiunii forțelor electrodinamice. Aceste forțe electrodinamice sînt invers proporționale cu lungimea cuțitului [3].

4.2. *Siguranțe fuzibile.* Referitor la siguranțele fuzibile, s-a ajuns la următoarele concluzii:

— la siguranțele fuzibile deschise, din probele de rupere a arcului, care pot fi fotografiate și oscilografiate, ruperea fuzibilului se datorează acțiunii forțelor electrodinamice; această rupere se produce la extremitățile fuzibilului unde apare și arcul electric, deoarece în aceste puncte (fig. 6) forțele electrodinamice sînt mai mari;

— la siguranțele fuzibile închise, fotografierea nu a fost posibilă, însă din probele de rupere s-au ridicat oscilogramele curentului și tensiunii arcului, din care rezultă concluziile următoare:

a) la siguranțele în nisip stingerea arcului se produce sub acțiunea mediului gazos ce se dezvoltă cînd apare arcul; stingerea nu este însă

violentă ci atenuată de acțiunea nisipului care absoarbe energia degajată de arc, iar deionizarea este suficient de intensă ;

b) la siguranțele în mediu gazogenerator (fibră, plexiglas etc.) stingerea arcului se produce sub acțiunea presiunii gazului degajat de materialul gazogenerator, deci stingerea se face mai repede,

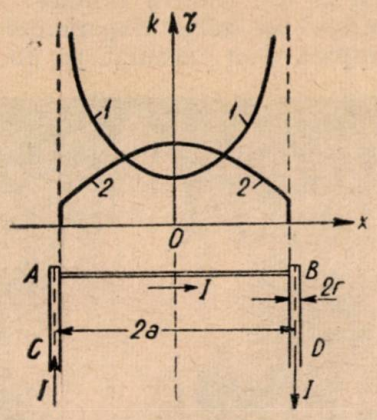


Fig. 6. Repartiția eforturilor electrodinamice și temperaturii de-a lungul unui fir fuzibil.

s-ar putea spune chiar violent și datorită acestei stingeri prea rapide se produc supratensiuni. Aceste supratensiuni s-au remarcat din diferite oscilograme ale procesului de stingere a arcului.

4.3. *Intreruptoare automate și contactoare.* La întreruptoarele automate și contactoare, fenomenul stingerii arcului a fost cercetat cel mai mult, căutîndu-se cele mai bune soluții și cele mai înalte performanțe.

La aparatele automate și la contactoare s-a preconizat stingerea arcului în volum mic, cu efecte luminoase și zgomotoase foarte reduse într-un timp foarte scurt și cu o uzură a contactelor pe cît posibil redusă. Pentru a se vedea care sînt dispozitivele ce oferă asemenea performanțe s-au efectuat experiențe de fotografiere și oscilografiere (fig.7) a stingerii arcului precum urmează :

— cameră de stingere deschisă cu suflaj magnetic dat de o bobină de suflaj serie și fălcile de suflaj din fier ;

— cameră de stingere cu deschidere îngustă sub formă de labirint sau zig-zag, cu bobină de suflaj serie și fălci de suflaj din fier, și

— cameră de stingere cu grătar din plăci de fier cuprate.

Concluziile care rezultă sînt următoarele :

— la camera de stingere deschisă și cu bobină de suflaj, arcul a ocupat un spațiu destul de mare deasupra camerei de stingere, iar durata stingerii a fost destul de redusă, $t = 0{,}0016$ s ;

— la camera de stingere cu deschidere îngustă și bobină de suflaj, spațiul ocupat de arc a fost mai restrîns însă durata de stingere a fost de cîteva ori mai mare decît în cazul precedent ;

— camera de stingere cu grătar din plăci metalice de fier cuprate, a oferit din punctul de vedere al dimensiunilor arcului, o soluție excelentă, arcul stingîndu-se aproape în întregime în interiorul camerei însă durata de stingere a fost de 10 ori mai mare decît la camerele cu bobină de suflaj.

Explicația în ceea ce privește spațiul restrîns de arc, care s-a limitat numai la dimensiunile camerei, respectiv la dimensiunile grătarului de

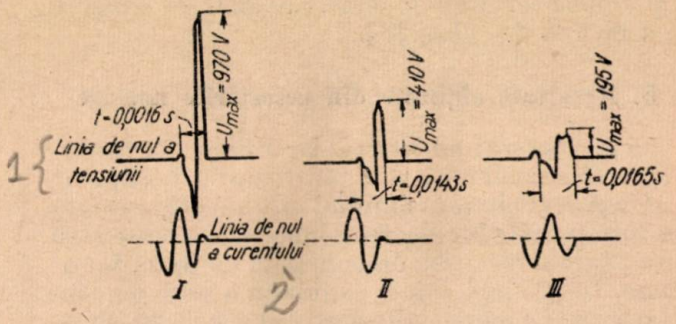


Fig. 7. Oscilogramele curentului și tensiunii de arc la întreruperea unui circuit de 1 200 A, 500 V, cos $\varphi = 0{,}38$, prin cameră cu suflaj magnetic I, cameră cu deschidere longitudinală îngustă II, cameră cu grătar III.

plăci metalice, este următoarea : arcul electric pătrunzînd în grătarul de plăci metalice (fig. 8), este fracționat în arcuri scurte, tensiunea se repartizează pe aceste arcuri scurte, avînd valorile indicate de oscilogramele date de buclele oscilografului, care s-au montat între plăci. Energia termică a arcului pătruns în grătar este absorbită de plăcile metalice, deionizarea este foarte intensă, în plus tensiunea mică pe arc este sub valoarea ce poate să întrețină arcul și stingerea se produce în mod sigur și ușor. Durata mare de stingere în cazul camerei cu grătar se explică prin aceea că intervin și forțele rezistente aero-

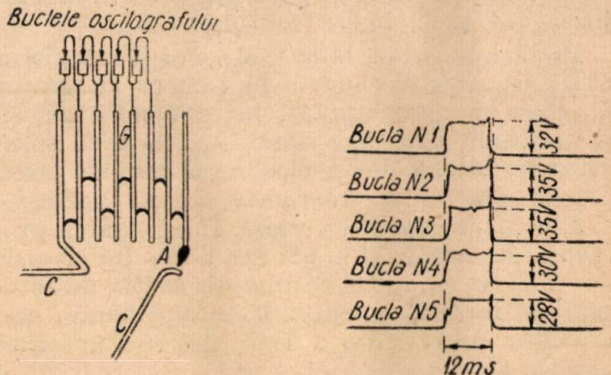


Fig. 8. Schema principală a montării buclelor oscilografului între plăcile camerei și repartiția tensiunilor : *G* — grătar din plăci de fier ; *A* — arcul electric ; *C* — contacte.

dinamice care nu permit deplasarea rapidă a arcului pe plăci.

Ceea ce trebuie remarcat la camerele cu grătar este faptul că supratensiunile $L\frac{di}{dt}$ sînt aproape

în întregime reduse datorită duratei destul de mare în care se produce stingerea.

Totuşi camera cu grătar metalic nu are aplicabilitate şi nu se recomandă la aparatele de curent continuu, deoarece stingerea este mai grea şi arcul produce topirea plăcilor şi formarea de punţi metalice între ele. Mai trebuie subliniat faptul că la aparatele de comandă lucrînd în circuite de înaltă frecvenţă este inadmisibilă aplicarea camerelor cu grătar. În acest caz cele mai bune rezultate le oferă camerele de stingere cu bobină de suflaj [3].

5. Rezultate obţinute din cercetările noastre

5.1. *Punerea problemei.* În ultimii ani industria electrotehnică din ţara noastră a căpătat o largă dezvoltare, asimilînd în fabricaţia curentă a întreprinderilor electrotehnice numeroase serii de aparate electrice de comandă de joasă tensiune. Între altele a fost asimilată o serie de contactoare de curent alternativ în aer de 25, 60 — 100 şi 200 A, 500V, tripolare şi bipolare, care sînt utilizate şi la execuţiile întreruptoarelor în cutii închise pentru tablouri capsulate, la contactoarele şi întreruptoarele asigurate împotriva exploziilor, aşa numite aparate antigrizutoase, cît şi la cutiile cu inversoare.

Era necesar să se justifice construcţia acestei serii de contactoare în aer de curent alternativ, la care sînt folosite drept dispozitiv de stingere a arcului electric aşa numitele camere de stingere tip deion cu grătar din plăcuţe de fier cuprate, pentru demonstrarea pe cale experimentală a unei părţi din problemele teoretice referitoare la acest gen de dispozitive de stingere a arcului. Mai era necesar să se perfecţioneze aceste dispozitive, cu atît mai mult, cu cît ele marchează o perspectivă nouă, sigură şi modernă în construcţia şi proiectarea aparatajului nu numai de joasă dar şi de înaltă tensiune [13].

Problema a revenit la a observa şi înregistra mişcarea arcului electric în camera cu grătar de plăci de fier cuprate, în procesul stingerii şi în ultimă analiză, a determina în mod aproximativ viteza de deplasare a arcului între plăcile grătarului, respectiv viteza normală.

5.2. *Mijloacele de cercetare.* Înregistrarea procesului de ardere şi deplasare a arcului electric s-a realizat cu ajutorul unui dispozitiv de fotografiere rapidă, executat în întreprindere, asemănător cu varianta a II-a, descrisă anterior, format din :

— un electromotor de antrenare alimentat la 24 V şi viteza de rotaţie 3 600 rot/min ;

— un disc din pertinax de 1,5 mm grosime, care era prevăzut cu 24 de fante, din care numai două erau deschise restul fiind obturate ;

— un aparat de fotografiat tip „Zorki".

Trebuie menţionat faptul că pentru a împiedica efectul de voalare a filmului (efect Halou) respectiv pentru ca pelicula să fie impresionată numai de inima arcului, iar nu şi de luminozitatea din jurul său, obiectivul aparatului fotografic a fost echipat cu un filtru din sticlă folosită în mod curent la ochelarii oţelarilor (pentru supravegherea cuptoarelor electrice). Trebuie de asemenea menţionat faptul că oscilogramele curentului şi tensiunii de arc nu s-au putut realiza din motive tehnice.

5.3. *Obiectul cercetării.* Experienţele de fotografiere rapidă s-au executat pe un contactor

Fig. 9. Fotografia unei camere de stingere cu grătar din plăci de fier şi perete din cristal de securit.

tripolar în aer de 60—100 A, 500 V, echipat cu o cameră de stingere cu grătar din plăci de fier. Peretele camerei dinspre dispozitivul de fotografiere rapidă s-a realizat din cristal de securit pentru a oferi o bună vizibilitate a mişcării arcului între plăcile grătarului. Fotografia din fig. 9 arată aspectul camerei cu perete de cristal, luminată de arcul electric în momentul unei întreruperi. Piesele de contact ale aparatului respectiv contactul fix şi contactul mobil s-au realizat cu cupru electrolitic. Con-

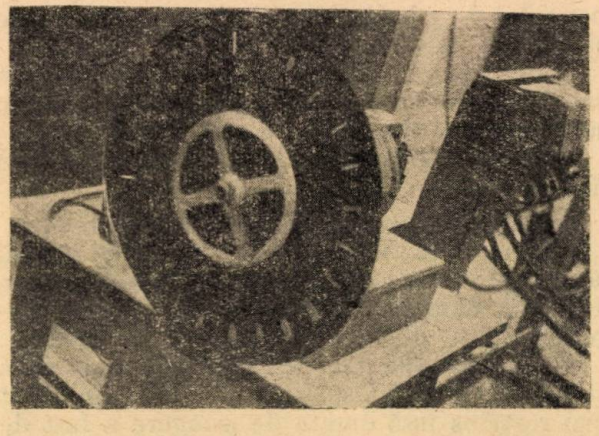


Fig. 10. Vedere generală a instalaţiei de fotografiere rapidă.

tactul realizat a fost de forma cilindru/plan deschiderea între contacte de 12 mm, cursa în contact de 2 mm, iar presiunea pe contact de 1,2 kg. Ruperea s-a executat pe un circuit de probă pur inductiv, monofazat (numai pe o fază a contactorului), avînd caracteristicile 550 V, 180 A şi $\cos \varphi = 0{,}2$.

Aspectul instalaţiei este cel din fig. 10, în care în primul plan se poate observa dispozitivul de fotografiere rapidă, fără aparatul de fotografiat, ceea ce normal s-ar afla în faţa discului, iar în planul al doilea se află contactorul de probă montat pe suport. Distanţa dintre discul dispozitivului de fotografiere rapidă şi camera de stingere a fost de aproximativ 50 cm [2], [3].

5.4. *Modul de lucru.* Experienţele s-au executat în întuneric, în ordinea următoare :

— s-a pornit electromotorul de antrenare a discului şi s-a adus la turaţia de 3 600 rot/min ;

— s-a deschis aparatul de fotografiat ;

Observaţie : durata unei rotaţii la 3 600 rot/min, reprezintă timpul aproximativ de stingere a arcului în camerele cu grătar [3].

— s-a conectat contactorul de probă ;

— s-a închis automatul de protecţie care a închis circuitul de sarcină pe 180 A, 550 V, $\cos \varphi = 0{,}2$;

— s-a deconectat contactorul şi s-a obţinut fotografia din fig. 11.

Din interpretarea fotografiei rezultă : cele două pete luminoase, reprezintă imaginile arcu-

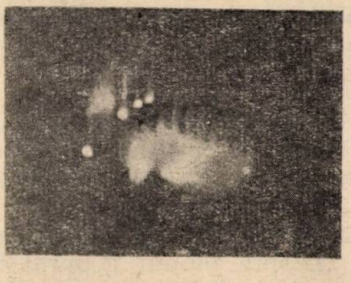


Fig. 11. Fotografia camerei de stingere cu ajutorul dispozitivului de fotografiere rapidă.

lui în două poziţii diferite cînd cele două fante din disc au descoperit filmul ; respectiv prima pată este imaginea arcului în momentul cînd prima fantă a discului a trecut prin faţa obiectivului aparatului de fotografiat, iar pata următoare este imaginea arcului cînd fanta următoare a trecut prin faţa obiectivului. Distanţa dintre cele două pete luminoase reprezentînd cele două poziţii ale arcului în timpul unei rotaţii a fost de 2 cm (măsurată la scară pe peretele camerei de stingere). Se mai poate observa că arcul s-a stins complet în interiorul camerei, în exteriorul ei nu a apărut nici o pată luminoasă.

5.5. *Rezultate.* Considerînd că : durata unei rotaţii este de

$$t = \frac{60}{3\,600} = \frac{1}{60}\ [\mathrm{s}],$$

durata dintre cele două poziţii ale arcului în camera de stingere corespunzătoare duratei dintre cele două fante deschise ale discului este :

$$t_f = \frac{1}{2} \times t = \frac{1}{2} \times \frac{1}{60} = \frac{1}{120}\ [\mathrm{s}],$$

distanţa dintre cele două poziţii ale arcului este :

$$s = 2\ \mathrm{cm}.$$

Rezultă o mărime a vitezei de deplasare a arcului în camera de stingere, între lamelele grătarului, egală cu :

$$v = \frac{s}{t_f} = \frac{2}{\frac{1}{120}} = 240\ \mathrm{cm/s},$$

adică 2,4 m/s.

Este în curs de perfecţionare un dispozitiv de fotografiere rapidă cu 24 de obiective fotografice. Fotografiile ce se vor realiza cu acest dispozitiv vor permite observarea evolutivă a spaţiului ocupat de arc în tot decursul arderii lui, pînă la stingerea completă.

5.6. *Concluzii.* Asupra metodei de studiu concluzia nu poate fi definitivă şi completă întrucît nu s-au putut realiza şi oscilogramele curentului şi tensiunii din arc pentru a avea şi imaginea electrică a procesului de stingere. Se poate aprecia totuşi că prin metoda fotografierii rapide se obţine imaginea fenomenului stingerii arcului ce redă spaţiul pe care îl ocupă arcul şi în acelaşi timp posibilitatea determinării vitezei de deplasare în interiorul camerei de stingere sau şi în exteriorul ei.

Asupra dispozitivului de stingere a arcului, concluziile sînt următoarele :

— camerele cu grătar sînt dispozitivele ce realizează o stingere a arcului într-un spaţiu cît mai restrîns, fără efecte optice pronunţate ;

— asigurînd stingerea arcului în interiorul camerei, oferă un gabarit redus aparatelor în execuţie deschisă ;

— îşi justifică foarte bine utilizarea la aparatele din cutii închise pentru tablouri capsulate cît şi la execuţiile antigrizutoase, deoarece nu permit expandarea flacării arcului în exteriorul camerei ;

— timpul de stingere realizat în cadrul experienţelor, $t = \frac{1}{60} = 0{,}0166$ s, reprezintă o reedi-

tare a rezultatelor experimentale realizate în cadrul altor experienţe [3] conform fig. 7, oscilograma *III*, unde timpul de stingere ce s-a obţinut a fost de 0,0165 s;

— întrucît $t = 0{,}0166$ secunde este de aproximativ 10 ori mai mare decît timpul de stingere în cazul camerei cu bobină de suflaj $t = 0{,}0016$ s, oscilograma *I* fig. 7 [3], acest lucru oferă garanţia împotriva pericolului supratensiunilor de natură inductivă ce pot apărea în procesul de stingere.

Bibliografie

[1] *Babicov M. A.*: Aparate electrice. Ed. Energetică de Stat, Bucureşti, 1954.

[2] *Bron O. B.*: Dvikjenie elektriceskoi dughi v magnitnom pole. Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad, 1944.

[3] *Bron O. B.*: Elektriceskaia duga v apparataj upravleniia. Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad, 1955.

[4] *Babakov N. A.*: Dvijenie elektriceskoi dughi v uzchih sceliah. Moscova-Leningrad (teza), 1948.

[5] *Fabrizzi D.*: Prove di corto circuita su interrutore di media e bassa tensione. Elettrotecnica, 42 (1955) 8 bis, p. 430.

[6] *Loh O.*: Die Lichtbogenarbeit beim Abschalten eines Wechselstrom-Kreises. Arch. Elektrotechn. 41 (1954) 5. p. 281.

[7] *Loh O.*: Die Länge des Lichtbogens hocher Stromstärke. Elektrotechn. u. Masch. bau, 72 (1955) 20. p. 477.

[8] *Hochrainer A.*: Die bewegung des Kurzschluss. Lichtbigen in Hochspannungs-Schaltanlangen. Elektrotechn. Z., 77 (1956), 10, p. 302.

[9] *Vaissiere P.*: Considerations préliminaires à l'étude physique des arcs électriques des coupure R.G.E. 60 (1951) 3, p. 122.

[10] *Hoyaux M., Grans P.*: Thèorie de l'arc a vapeur de mercure a fort courant. R.G.E. 65(1956) 9, p. 513.

[11] *Bron O. B., Gelbuh L. A.*: Dvijenie visokoceastotnoi elektriceskoi dughi v dogogasitelnoi resetke. Elektricestvo, 72 (1952) 9, p. 7.

[12] *Igritkii A. L.*: Isledovanie dughi postoiannogo toka v stalnoi dugogasitelnoi resetke. Elektricestvo, 72 (1952) 9, p. 12.

[13] *Fabrizzi D.*: Interruttore „Solenare" in aria per AT. Elettrotecnica, 41 (1954) 3.

[14] *Sergheev P.V.*: Voltampernîe harakteristiki elektriceskoi dughi postoianogo i peremenogo tokov. Elektricestvo, 77 (1956) 12, p. 25.

[15] *Kaplianskii A. E., Pololovskii L. S., Sokolov N. E., Petrov P. F.*: Gaşenia elektriceskoi dughi postoianogo toka vo vrasciaiuscemsia magnitnom pole. Elektricestvo, 77 (1956) 12, p. 12.

[16] *Cosmin Gh.*: Suflajul magnetic la întreruptoarele în aer. Electricitatea (1953) 3.

[17] *Mayr O.*: Schaltleistung und wiederkehrende Spannung Elektrotechn. Z.-A, (1954) 13 p. 447.

[18] *Taev S. I.*: Asupra calculului arcului electric în curent alternativ. Elektricestvo, 76 (1956) 10, p. 57.

[19] *Tereza G. P.*: Staţiile de încercare din fabricile de aparataj de joasă tensiune. Gosenergoizdat, Moscova Leningrad, 1949.

Electrificarea căilor ferate în U.R.S.S.

MIHAIL HARDT — Bucureşti*)

Pe baza directivelor Congresului al 20-lea al P C U.S., electrificarea căilor ferate din U.R.S.S. se dezvoltă într-un ritm impetuos. Articolul schiţează căile generale pe care se dezvoltă această electrificare şi se bazează pe datele publicate în revistele sovietice şi străine de specialitate apărute în anii 1956 şi 1957.

CZ 621.331 :625.1

Dezvoltarea vertiginoasă pe care a luat-o industria şi agricultura Ţării Sovietelor, a mărit mult volumul de mărfuri şi numărul de pasageri ce trebuie transportat pe reţeaua căilor ferate. Actualmente pe această reţea se transportă 85 % din mărfuri şi mai mult de 90 % din traficul de călători al U.R.S.S. Însă creşterea continuă a forţelor de producţie cere o sporire anuală a capacităţii de transport, care trebuie să crească în al 6-lea cincinal (1955—1960) cu 42 %.

Pentru a se asigura rezolvarea în bune condiţii a acestei sarcini, trebuie sporită capacitatea şi numărul vagoanelor, mărită puterea locomotivelor şi viteza lor şi îmbunătăţită activitatea staţiilor, triajelor, instalaţiilor de telecomunicaţii şi a tuturor verigilor care la un loc alcătuiesc *calea ferată*. Toate acestea în condiţiile unei măriri a securităţii circulaţiei şi a asigurării de condiţii din ce în ce mai bune de muncă pentru întreg personalul căilor ferate şi de confort pentru călători.

Aceste probleme au putut fi rezolvate în mod complex prin electrificarea căilor ferate şi introducerea locomotivelor Diesel, acţiunea principală de reconstrucţie tehnică a transportului feroviar al U.R.S.S.

Avînd în vedere uriaşa importanţă pentru întreaga economie naţională a U.R.S.S., pe care o reprezintă electrificarea căilor ferate, C.C. al Partidului Comunist al Uniunii Sovietice a adoptat cu ocazia Congresului al 20-lea al P.C.U.S., hotărîrea „Despre planul general de electrificare a căilor ferate" în care se prevede electrificarea în următorii 15 ani a 40 000 km linii pe cale ferată. Acesta permite ca în 1965 să se transporte cu ajutorul tracţiunii electrice şi Diesel a aproape 85 % din totalul volumului de mărfuri transportat pe calea ferată, iar în 1970 să se ajungă la eliminarea completă a tracţiunii cu abur. De altfel încă în 1957 a fost oprită construcţia locomotivelor cu abur, toate uzinele fiind transformate pentru construcţia locomotivelor Diesel şi electrice.

Dar care sînt avantajele tehnico-economice ale acestor noi tipuri de tracţiune?

*) Mihail Hardt este inginer la O.C.M. (Oficiul Controlului Mărfurilor).

Locomotivele electrice şi Diesel au un randament mai mare decît locomotivele cu abur. Astfel randamentul unei locomotive electrice este de 18—24% faţă de 4—5% cît este randamentul locomotivei cu abur. Viteza de circulaţie, greutatea trenurilor remorcate cresc cu 30—60 % faţă de tracţiunea cu abur, mărindu-se astfel simţitor capacitatea de transport a căilor ferate.

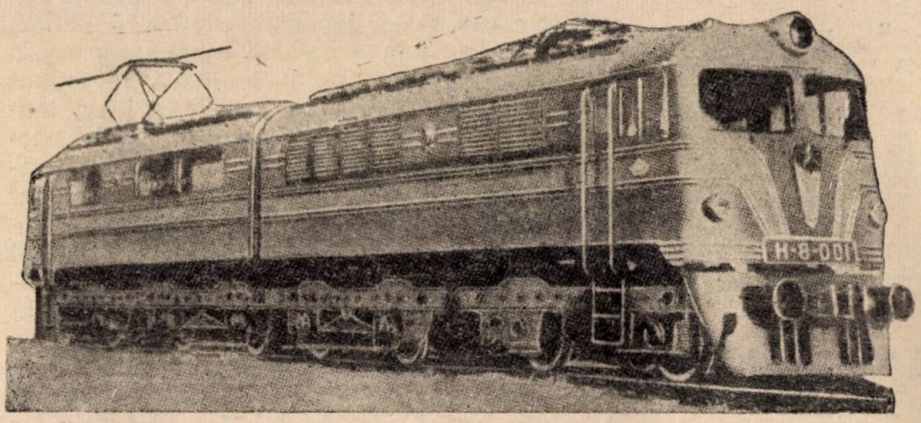


Fig. 1. Locomotiva electrică N—8.

Energia consumată este de 3—4 ori mai mică, scăzîndu-se astfel preţul de cost al transportului. S-a calculat că trecerea liniei Moscova — Vladivostok la tracţiunea electrică va aduce economii anuale de 18 milioane tone cărbune şi cca. 3 miliarde ruble [1].

Introducerea locomotivelor electrice şi Diesel permite o activitate mai sigură iarna, îmbunătăţindu-se condiţiile de muncă a brigăzilor de pe locomotive şi se măreşte siguranţa de circulaţie.

Mărfurile şi călătorii se vor afla „pe drum" mult mai puţin decît atunci cînd călătoreau cu trenuri remorcate de locomotive cu abur. Astfel mărfurile care trebuie transportate de la Moscova la Irkutsk în Siberia, pe magistralele electrificate, vor fi la destinaţie cu 4—5 zile mai repede decît în prezent, iar timpul de călătorie al celor care merg, de la Moscova la Soci se micşorează aproape de două ori. La toate acestea se mai adaugă şi faptul că o locomotivă electrică înlocuieşte 2—3 locomotive cu abur iar o secţie formată din 3 vagoane — motoare, pentru transporturi suburbane (curse) înlocuieşte 1,5 locomotive cu abur şi 13 vagoane de călători, datorită vitezei sporite şi autonomiei de circulaţie pe reţeaua electrificată.

*

Pe baza hotărîrii C.C. al P.C.U.S. în cel de al 6-lea cincinal urmează a fi electrificate 8 100 km de linie de cale ferată. Parcul de locomotive electrice urmează să sporească cu 2 000 bucăţi din care 400 vor fi pe 8 osii şi 5 700 CP cu viteza constructivă de 90 km/h. De asemenea se vor construi locomotive pe 6 osii de 4 300 CP cu viteza de 90—100 km/h şi locomotive electrice pentru trenurile de călători de 4500 CP şi cu viteza de 160 km/h.

În construcţiile viitoare se tinde către mărirea puterii unităţilor motoare şi a forţei de cuplare, mărindu-se astfel şi mai mult capacitatea de tracţiune şi viteza. Este prevăzută crearea unui sistem energetic unic, liniile de transport de la substaţiile de tracţiune urmînd să alimenteze atît instalaţiile feroviare şi lucrările de cale, cît şi industria şi agricultura regiunilor străbătute de calea ferată [3].

Lungimea liniilor ferate electrificate va atinge în 1960 cca 14 000 km. Astfel U.R.S.S. nu numai că va fi pe primul loc din lume, dar lungimea liniilor electrificate va fi mai mare faţă de liniile electrificate din Italia, Franţa, Anglia şi Olanda luate la un loc sau de 3 ori mai mare decît a liniilor ferate electrice din Statele Unite ale Americii.

Printre magistralele ce vor fi electrificate în acest cincinal se numără linia Moscova-Kuibîşev Celiabinsk-Omsk-Irkutsk avînd o lungime de cca 4500 km, linia Moscova-Harkov-Donbas şi altele.

Dacă în 1955 tracţiunea electrică şi Diesel au executat mai puţin de 14 % din totalul planului de transporturi al Uniunii Sovietice, în 1960, ele vor transporta cca 40—42 % din plan. În legătură cu aceasta amintim că totalul produselor transportate în anul 1955 pe căile ferate ale tuturor ţărilor capitaliste ale Europei (Anglia, Franţa, Germania apuseană, Belgia, Italia, Spania etc.) reprezintă cca 250 miliarde

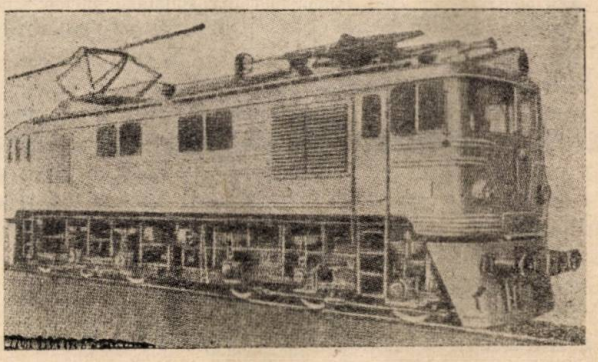


Fig. 2. Locomotiva electrică NO.

tone km, iar din planul pentru 1960 ale căilor ferate sovietice 40—42 % va reprezenta cca 600 miliarde tone-km.

Locomotivele electrice ale căilor ferate ale U.R.S.S. [2] (în funcțiune)

		VL—22^{M}	VL—23	N—8
Viteza constructivă	km/h	75	90—100	90
Puterea la regim unionar	CP	3200	4300	5700
Numărul motoarelor		6	6	8
Puterea unui motor	kW	400	525	525
Tipul de curent		continuu	continuu	continuu
Greutatea trenurilor remorcate pe o rampă de 9‰	t	2600	2700	3500
Viteza pe rampă de 9‰	km/h	35	42	42
Anul de fabricație		1947	1956	1953

În 1955 lungimea liniilor ferate electrificate din U.R.S.S. a atins aproximativ 6000 km. În 1956 s-au mai electrificat 1060 km.

Pînă în prezent electrificarea căilor ferate ale Uniunii Sovietice s-a executat în curent continuu cu tensiunea de 3300 V. Însă în condițiile creșterii volumului de mărfuri ce trebuie transportate și a necesității măririi puterii locomotivelor, sistemul în curent continuu datorită nivelului tensiunii relativ scăzut, încetează de a mai fi rațional; el are nevoie de secțiuni exagerate pentru firul de contact (320—600 mm^2) și distanțe reduse între substațiile de tracțiune (15—25 km).

Micșorarea secțiunii firului de contact și mărirea intervalului între substații se poate numai prin o micșorare însemnată a curentului necesar tracțiunii adică prin mărirea corespunzătoare a tensiunii în rețeaua de contact.

În actualul sistem în curent continuu o mărire a tensiunii nu este justificată; aceasta îngreuiază construcția motoarelor de tracțiune, a întreruptoarelor automate etc.

De aceea se fac încercări și studii pentru a se putea îmbunătăți indicii tehnico-economici ai electrificării căilor ferate în sistemul de tracțiune în curent continuu.

Astfel există propunerea Prof. dr. ing. K. G. Markvardt ca distanța dintre substațiile de tracțiune să se micșoreze în continuare la 8—12 km cu condiția construirii tip a acestor substații (în serie) în uzine și folosirea pe scară largă la ele a automatizării și telecomenzii. Aceste substații se împart în două categorii: *a*) substații de bază, la o distanță de 60—100 km și alimentate la tensiunea de 115 kV c.a. și *b*) substații intermediare alimentate la o linie trifazată de 35 kV care pleacă de la substațiile de bază și este suspendată pe stîlpii de susținere ai rețelei de contact [8].

Docentul P. N. Șliahto propune ca motoarele de tracțiune să fie alimentate direct la o tensiune de 4,5—6 kV c.c. Acest sistem cere însă o îmbunătățire radicală a izolației motoarelor, ceea ce are ca rezultat creșterea costului locomotivei electrice și micșorează siguranța în exploatare. În același timp tensiunea de 4,5—6 kV este insuficient de ridicată pentru a micșora simțitor consumul de cupru și numărul de substații.

O altă propunere se bazează pe ridicarea tensiunii c.c. în rețeaua de contact pînă la 15—20 kV. Curentul continuu la această tensiune urmează să fie transformat pe locomotivă în curent trifazat sau în curent continuu de joasă tensiune, pentru a se alimenta motoarele de tracțiune și a regla viteza lor. În acest caz aparatura pe locomotivă se complică foarte mult iar în același timp se păstrează substațiile de tracțiune care primesc curentul alternativ și-l redresează în curent continuu. O dată cu ridicarea tensiunii în rețeaua de contact se îngreuiază schema și costul acestor substații.

Astfel folosirea unei tensiuni ridicate în curent continuu, în rețeaua de contact nu este rentabilă din considerente tehnico-economice iar sistemul de tracțiune în curent continuu cu tensiunea 3,3 kV, în condițiile creșterii rapide a volumului de mărfuri ce trebuie transportate și a măririi vitezei de circulație a trenurilor de pasageri și de marfă, încetează a mai fi economic justificat.

În legătură cu aceasta o atenție deosebită merită sistemul de tracțiune electrică care folosește curentul alternativ cu frecvența industrială. Acest sistem permite în mod rațional o mărire a tensiunii în firul de contact pînă la 20—35 kV.

Principalul avantaj al acestui sistem de tracțiune este simplitatea și prețul redus al părții de substații și a aprovizionării cu energie. Aceasta se asigură direct din sistemul energetic al regiunii respective prin simple stații de transformare. Astfel substațiile de tracțiune și cele raionale se pot comasa, atît tracțiunea feroviară cît și consumatorii raionali fiind alimentați de la aceeași bază.

În sistemul de tracțiune cu curent alternativ de 22 kV, distanța între substații se mărește la 60—75 km, pierderile de energie se micșorează de 2—3 ori. Datorită măririi tensiunii în rețeaua de contact de 6—10 ori, secțiunea firului de contact se micșorează pînă la o mărime determinată de rezistența mecanică a acestuia (100—150 mm^2 cupru). Aceasta duce la o ușurare a construcțiilor de susținere a rețelei de contact ceea ce permite economisirea (în comparație cu sistemul în curent continuu) metalului cu 15 % iar betonul cu 25 %.

Prezența transformatorului pe locomotivă permite să se aleagă o tensiune la motoare independentă de tensiunea rețelei de contact, astfel că în aceleași gabarite, se poate obține un motor mai puternic și în același timp mai economic. Afară de aceasta, pornirea și reglarea vitezei locomotivei poate fi obținută printr-o corespunzătoare comutație a bobinajelor

transformatorului. Acest lucru permite să se elimine pierderile de energie în rezistențele de pornire, pierderi care în sistemul în curent continuu reprezintă singure 10—15 % din totalul consumului de energie.

Calculele tehnico-economice arată că electrificarea în curent alternativ este cu aproximativ 20 % mai ieftină față de sistemul în curent continuu, după cum se vede din datele ce urmează [6] :

	Curent alternativ 25 kV 50 Hz %	Curent continuu 3.3 kV %
Substații tracțiune	100	20
Rețeaua de contact	100	13
Semnalizări-centralizare-bloc-post	100	8
Construcții ajutătoare și locuințe	100	1132
Rețeaua exterioară de alimentare cu energie	100	1102
Locomotive electrice	100	103,5
Totalul cheltuielilor pentru electrificare (fără cheltuielile pentru telecomunicații)	100	120

La electrificarea căilor ferate în curent alternativ apar însă inducții periculoase în rețeaua de telecomunicații care este de obicei în lungu liniei de cale ferată.

Aceasta se poate lichida prin cablarea tuturor liniilor sau mutarea lor la o distanță de cca 3 km. Chiar și cu aceste operații în plus, electrificarea căilor ferate în curent monofazat de frecvență industrială este mai avantajoasă. De altfel în planurile de stat ale U.R.S.S., pentru siguranța exploatării liniilor de telecomunicații și mărirea capacităților ei, se prevede cablarea acestor linii independent de electrificarea căilor ferate.

Încă în anul 1954 uzinele constructoare de locomotive electrice din Novocerkask, au executat două locomotive electrice în curent monofazat 50 Hz, echipate cu ignitroni și care au următoarele caracteristici :

Tensiunea nominală la pantograf	20 kV
Tensiunea motoarelor de tracțiune	1650 V

	Regim continuu	Regim uniorar
Forța de tracțiune la jantă, t	16,6	23,4
Viteza, km/h	42,5	40,5
Puterea, CP	2640	3500
Greutatea, t		129,6
Viteza maximă constructivă, km/h		75

Partea mecanică este derivată din locomotiva obișnuită pentru curent continuu VL—22^{M}.

Cele 6 motoare de tracțiune sînt legate în serie—paralel, în două grupe a 3 motoare. Fiecare grupă este alimentată de două blocuri a 2 ignitroni în paralel, fiecare bloc făcînd redresarea unei semioscilații (semiundă). Răcirea ignitronilor se face cu ajutorul unui circuit cu apă (vezi fig. 3) [5].

Reglarea vitezei este efectuată prin acționarea asupra secundarului transformatorului principal (răcit printr-un circuit de ulei).

Pentru aceasta se dispune de 33 ploturi de demaraj. Demarajul se poate face de asemenea automat, cu ajutorul unui releu cronometric, mașinistul așezînd maneta la poziția corespunzătoare duratei de parcurgere a ploturilor (0,5—2—3,5—5 min).

În Uniunea Sovietică, sectorul de cale ferată Ojerelie-Paveleț în lungime de 137 km, este de cîțiva ani electrificat în curent alternativ. Aici se fac încercările pentru introducerea noilor tipuri de locomotive și de echipament electric la acest sistem de tracțiune [7].

Locomotivele electrice în curent alternativ cu redresoare și motoare de tracțiune în curent continuu, prezentînd caracteristici de tracțiune superioare vechilor tipuri de locomotive electrice vor constitui tipul de bază pentru al 6-lea cincinal, în sistemul de tracțiune monofazat.

Folosirea redresoarelor ionice pe locomotivele electrice spre deosebire de folosirea lor la substațiile de tracțiune, creează noului sistem de tracțiune o serie de avantaje tehnico-economice și anume : *a*) ridicarea tensiunii în rețeaua de contact, *b*) micșorarea tensiunii în motoarele de tracțiune pînă la limita optimă (700—800 V), o dată cu mărirea siguranței în exploatare și micșorarea greutății motorului cu 1,5—2 ori, *c*) mărirea relativ însemnată a coeficientului de aderență, *d*) înlăturarea pierderilor de energie în rezistențele de pornire. De asemenea prin mutarea redresoarelor de la substațiile de tracțiune pe locomotivă, în afară de simplificarea instalațiilor din substații permit înlăturarea de pe locomotiva electrică a unei părți însemnate a aparatajului de contact (destul de complicat) și a rezistențelor de pornire (grele și voluminose).

Studiile în curs au drept scop perfecționarea și simplificarea în continuare a locomotivelor electrice cu redresoare prin utilizarea de redresoare cu semiconductoare.

Totodată se fac încercări și se pun la punct detaliile, pentru ameliorarea factorului de putere a acestor locomotive, care este actualmente relativ scăzut (la regim uniorar cos $\varphi \approx 0{,}85$). Factorul de putere poate fi mărit prin folosirea compensatoarelor de putere reactivă, rotative sau statice, la substațiile de tracțiune.

Însă mărirea factorului de putere a însăși locomotivei electrice prezintă mai multe avantaje deoarece prin aceasta se micșorează în același timp pierderile de energie la pantograf și devine posibilă mărirea distanței între substații. În general se apreciază că pentru o compensare efectivă a puterii reactive este nevoie de compensatoare puternice deoarece, de exemplu de la cos $\varphi = 0{,}85$ puterea reactivă a locomotivei este de 50 % din puterea totală folosită. Un efect simțitor însă, se poate obține și cu compensatoare de puteri mai mici. Trebuie avut în vedere că locomotivele electrice lucrează vreme destul de îndelungată cu sarcini mici sau în gol (în mișcare sau staționarea cu pantograful ridicat).

Aceste locomotive dacă au compensatoare contribuie la compensarea puterii reactive a locomotivelor electrice ce lucrează sub plină sarcină.

căile ferate (electrificate) ale Uniunii Sovietice care „leagă într-un singur tot — cum spune V.I. Lenin — oraşul şi satul, industria şi agri

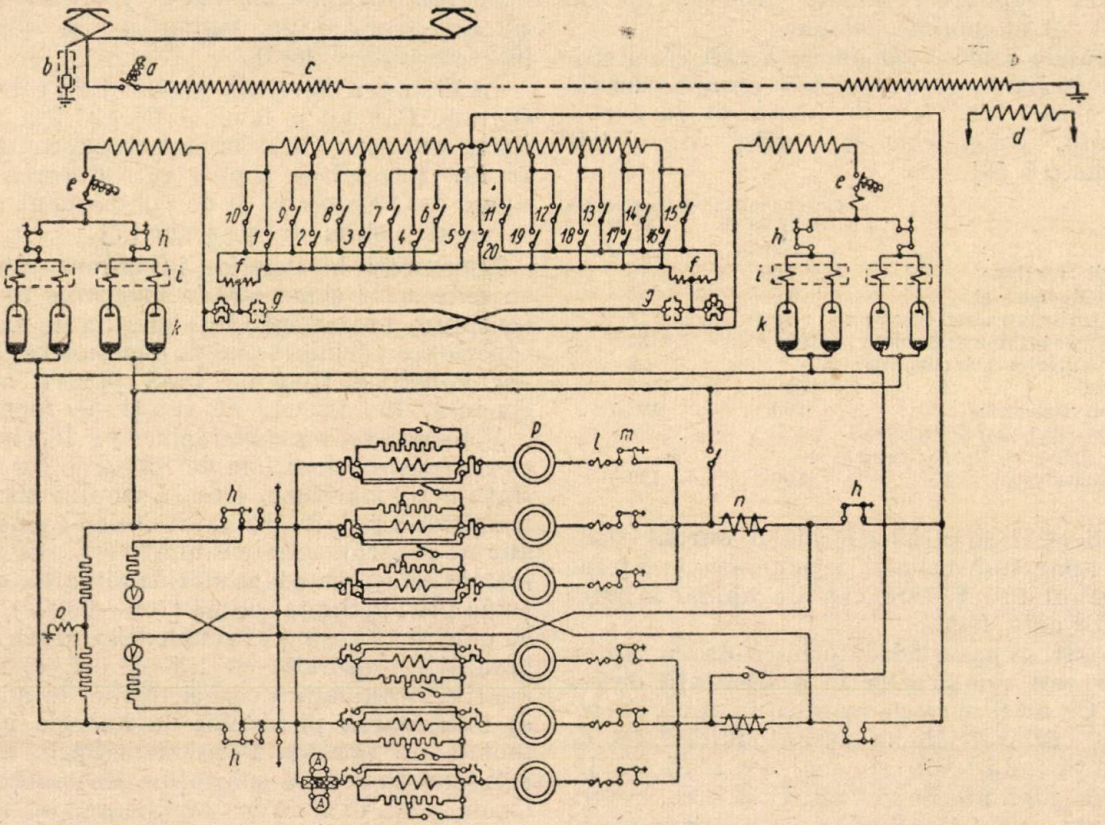


Fig. 3 Circuitul principal: Curent alternativ, 25kV, 50 Hz. Curent continu 3,3kV. Tensiunea nominală la pantograf 20 kV. Tensiunea motoarelor de tracţiune 1650 V.
a—întreruptor de înaltă tensiune; *c*—descărcător; *c*—transformator; *d*—înfăşurare secundară pentru circuitele auxiliare (380V); *e*—disjunctor pentru curent invers; *f*—bobină de netezire pentru schimbarea cuplajului; *g*—întreruptor; *h*—întreruptor pentru ignitroane; *i*—bobină pentru echilibrarea anozilor; *k*—cuvele ignitroanelor; *l*—releu; *m*—întreruptoarele motoarelor; *n*—bobină de netezire; *o*—releu de punere la pământ; *p*—motoare de tracţiune; de la 1 la 20—contactoare de cuplaj.

Încercările de pe linia experimentală Ojerelie-Paveleţ confirmă aceste observaţii. De altfel în cursul acestor încercări s-a demonstrat încă o dată un alt avantaj al sistemului de tracţiune în curent alternativ şi anume posibilitatea de a se folosi pe căile ferate electrificate în acest sistem a locomotivelor de diferite tipuri. Astfel pe locomotivele electrice monofazate se pot întrebuinţa motoare de tracţiune de tipuri diferite: motoare de curent alternativ (colectoare monofazate sau trifazate asincrone) şi motoare de curent continuu.

Aceste avantaje ale sistemului în curent alternativ au determinat direcţia în electrificarea liniilor ferate ale Uniunii Sovietice. Din cele 40 000 km linii ce vor fi electrificate în 1957—1970, mai mult de jumătate vor fi electrificate în curent alternativ cu tensiunea în reţea de 25 000 V.

Cele arătate mai sus desigur că nu epuizează problemele legate de electrificarea căilor ferate în U.R.S.S.

Însă putem avea siguranţa că directivele Congresului al 20-lea al Partidului Comunist al Uniunii Sovietice vor fi aduse la îndeplinire iar cultura, fiind baza pentru această sudură" vor contribui şi mai mult la dezvoltarea şi întărirea Marii Uniuni a Sovietelor.

Bibliografie

[1] *Salnikov I. S.*: Electrificarea căilor ferate — veriga principală a reconstrucţiei transportului, Jeleznodorojnîi transport, (1956)3, p. 9—15.

[2] *Grigoriev E. T.* ş. a.: Particularităţile constructive ale locomotivei electrice VL—23, Jeleznodorojnîi transport, (1956)3, p. 16—22.

[3] *Lomaghin N. A.*: Unificarea sistemelor energetice şi electrificarea căilor ferate, Jeleznodorojnîi transport, (1956)7, p. 16—21.

[4] *Serdinov S. M.*: Sarcinile imediate în domeniul electrificării căilor ferate, Jeleznodorojnîi transport, (1956) 11, p. 15—18.

[5] *A. G.*: Locomotive electrice ale căilor ferate U.R.S.S. alimentate cu curent monofazat de 50 Hz, Revue generale des chemins de fer, 76(1957)1, p. 39—40.

[6] *Voronin A. V.*: Perspectivele utilizării în U.R.S.S. a tracţiunii electrice în curent monofazat, Electricestvo (1957) 2, p. 1—5.

[7] *Beşcev B. P.*: Reorganizarea tehnică a tracţiunii în transportul feroviar, Electriceskaia i teplovoznaia tiaga, (1957) 1, p. 3—7.

[8] *Kuchriavţev M. V.*: Alimentarea complexă cu energie a căilor ferate electrice, Jeleznodorojnîi transport, (1957)8, p. 30—35.

[9] *Gohştein B. I.* ş. a.: Primul sector de cale ferată electrificat în curent alternativ, Electriceskaia i teplovoznaia tiaga (1957)1, p. 8—10.

NOTE

Institutul electrotehnic unional „V. I. Lenin"

CZ 621.3 : 061.6 (S)

Institutul electrotehnic unional V.I. Lenin (V.E.I.) a fost organizat în 1921 după instrucţiunile lui V. I. Lenin, ca institut electrotehnic complet de mare profil. I s-a trasat sarcina de a acorda asistenţă tehnico ştiinţifică industriei electrotehnice şi energetice.

Primul director a fost Prof. K. A. Krug. Un rol important în organizarea şi dezvoltarea institutului au avut: K. I. Senfer, V. S. Kulebakin, L. I. Sirotinski, A. N. Levionov, M. Z. Suleikin. Din rîndurile colaboratorilor ştiinţifici au făcut parte academicieni şi profesori care au lucrat anterior în laboratoarele Institutului Academiei de Ştiinţe şi în institute superioare de învăţămînt.

Pe măsura dezvoltării industriei Uniunii, Sovietice, a creşterii energeticii, electro şi radiotehnicii, în V.E.I. s-au dezvoltat secţii ştiinţifice de cercetări, birouri de construcţie şi laboratoare de maşini şi aparate electrice, radiotehnice, de televiziune, acustice, tehnica vacuumului, tehnica iluminatului, acţionării electrice şi aparate de electronică industrială.

În secţia de înaltă tensiune a institutului în colaborare strînsă cu fabricile a fost elaborată cea mai importantă parte din aparatele de înaltă tensiune pentru linia de transport de 400 kV, Kuibîşev-Moscova.

Au fost prelucrate: teoria şi metodele de calcul şi construcţie a seriei de întreruptoare pentru tensiunea de 420 kV, la putere de rupere pînă la 15 000 MVA, întreruptoare în aer de mare putere, pentru tensiunea generatoarelor centralelor hidroelectrice Kuibîşev, seria întreruptoarelor de mică putere, procedeele de izolare a transformatoarelor de mare putere, bazele teoriei şi construcţiei descărcătoarelor catodice. Primele au fost executate aparatele pentru 420 kV necesare protejării condensatoarelor de compensaţie longitudinală a liniei Kuibîşev-Moscova împreună cu o serie de alte aparate de înaltă tensiune.

În laboratoarele secţiei de înaltă tensiune a fost dezvoltată aparatura de măsură pentru cercetări de înaltă tensiune (oscilografe catodice, divizor de tensiune etc.). Cu ajutorul acestei aparaturi s-au efectuat încercări de utilaj electrotehnic la introducerea în exploatare a liniei de transport de 400 kV Kuibîşev-Moscova, precum şi cercetări în legătură cu posibilităţile de sporire a tensiunii la 500 kV.

Numeroase lucrări au fost efectuate pentru verificarea aparaturii de comandă la descărcarea liniilor în gol şi a transformatoarelor, reactoarelor pentru compensare transversală la 400 kV şi s-au cercetat nivelele supratensiunilor.

La platformele de probă ale V.E.I. s-au cercetat cu folosirea schemelor sintetice şi a agregatelor de mare putere noile construcţii ale aparatelor de înaltă tensiune executate în U.R.S.S. şi în ţări de democraţie populară.

Secţia pentru tehnica redresării V.E.I. se ocupă cu crearea redresoarelor de înaltă tensiune pentru transportul energiei electrice la distanţe mari în curent continuu de înaltă tensiune, redresoarelor pentru electrificarea transportului urban şi pe cale ferată, pentru acţionări şi alte domenii ale economiei naţionale, precum şi a redresoarelor semiconductoare de putere.

Experienţa de funcţionare a redresoarelor cu mercur de înaltă tensiune şi mare putere pe linia experimentală de transport Kaşir-Moscova la tensiunea de 200 kV precum şi lucrările de cercetare pentru sporirea în continuare a puterii lor oferă posibilitatea efectuării transportului la mari distanţe (peste 1 000 km) în curent continuu la tensiunea de 800 kV.

Colectivul secţiei a creat şi a introdus în fabricaţie şi în exploatare diverse tipuri de redresoare cu mercur sudate, răcite cu apă sau cu aer, pentru tensiunea de 15 kV, ceea ce asigură îndeplinirea cu succes a planului de stat pentru electrificarea căilor ferate şi a altor domenii ale economiei naţionale.

Au fost prelucrate redresoare cu germaniu pînă la 200 A pe element şi agregatele compuse din aceste elemente pentru excitarea turbo şi hidrogeneratoarelor de mare putere, pentru încărcarea bateriilor de acumulatoare şi alte scopuri. În secţiile de înaltă tensiune şi în tehnica redresării s-au construit modele de sisteme electrice, pe baza cărora se studiază regimurile de funcţionare şi se precizează cerinţele tehnice pentru utilajul electric prelucrat de V.E.I.

În laboratoarele pentru tehnica vidului au fost prelucrate diferite tipuri de tuburi oscilografice cu mai multe fascicule şi alte aparate cu vid care se folosesc în electronica industrială.

Laboratoarele de electronică industrială ale institutului împreună cu fabrica „Electro-Sila" au elaborat regulatoare electronice de tensiune pentru turbo şi hidrogeneratoare de mare

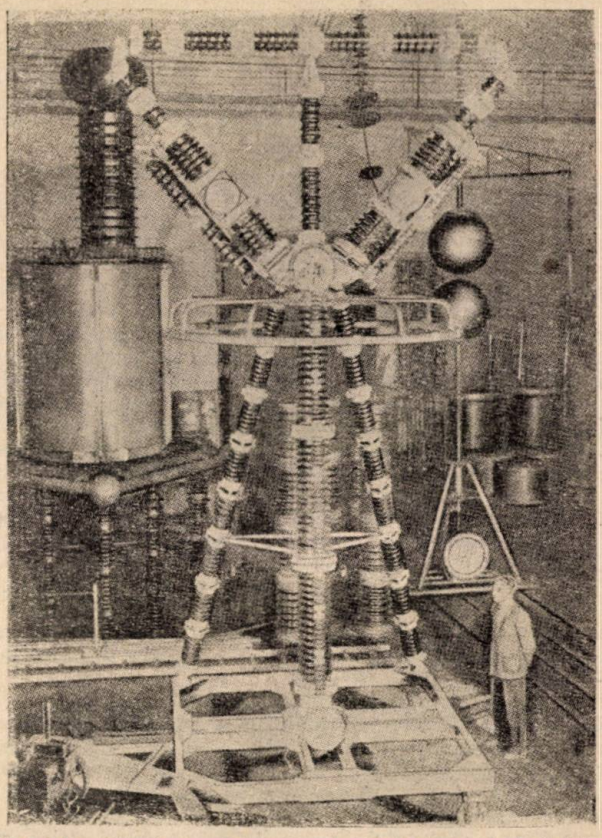


Fig. 1. Descărcătoare de şuntare pentru protecţia bateriilor de compensare longitudinală a liniei de transmisie de 400 kV Kuibîşev-Moscova.

putere, care funcţionează pe linii lungi de transport, şi care asigură o creştere considerabilă a stabilităţii statice de transport. S-au prelucrat şi executat regulatoare universale, care permit pe baza folosirii modelelor dinamice să se determine legile optime ale reglajului. Împreună cu alte organizaţii s-au efectuat cercetări experimentale de funcţionare a regulatoarelor de mare putere, pe modele dinamice şi în sisteme energetice.

Laboratoarele de electronică industrială au prelucrat seria de aparate pentru încercarea şi detectarea defectelor de izolaţie a maşinilor electrice şi aparatelor, atît în procesele de producţie cît şi în exploatare. Construcţiile de electro-termo-anemometre elaborate de institut pentru măsurătorile de ventilaţie în maşini şi aparate şi-au găsit largi aplicaţii în diverse laboratoare şi institute de cercetări ştiinţifice.

Lucrările pentru cercetarea dielectricilor în secţia de izolaţii electrice au început din primii ani de existenţă a institutului. Primele lucrări au fost dedicate obţinerii diferitelor materiale electroizolante pe bază de răşini şi bitumuri, fenolformaldehidice.

În anii următori principalele lucrări s-au efectuat pentru găsirea unor dielectrici noi sintetici şi cercetarea proprietăţilor lor. S-au efectuat cercetări în domeniul fizicii dielectricilor,

s-au sintetizat noi dielectrici şi parţial s-a obţinut un dielectric lichid neinflamabil „sovol" (pentaclordifenil) şi „sovtol" destinaţi condensatoarelor şi transformatoarelor. În 1955 s-au început lucrările teoretice pentru sinteza legăturilor polimere organice pe bază de siliciu, în urma cărora s-a creat o grupă mare de materiale electroizolante rezistente la căldură, care îşi găsesc aplicaţii tot mai importante în industria electrotehnică.

Prioritatea în domeniul sintezei polimerilor organici pe bază de siliciu aparţine colaboratorilor V.E.I. (membru corespondent al Academiei de ştiinţe U.R.S.S. Adrianov K. A. şi alţii). În laboratoarele de izolaţii electrice s-au obţinut numeroase materiale noi electroizolante : lacuri sintetice pentru conductoare emailate „viniflex" pe bază de răşine (polivinilacetat) răşini termoreactive şi compunduri pe baza acestor răşini, epoxide, materiale pe bază de mică etc.

Lucrările secţiei de izolaţii electrice ale V.E.I. au fost efectuate în legătură cu alte institute de cercetări ştiinţifice, laboratoarele Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S. şi fabricile din industria electrotehnică.

Ing. **Gh Hortopan**

Referate

Maşini Electrice

CZ 621·312-047.2

Metodă fotoelectrică de cercetare şi punere la punct a comutaţiei maşinilor electrice [După Nebolurbov, I. E : Electricestvo, 76(19:6)11,p.31—36].

Comutaţia maşinilor electrice este un fenomen complex, care depinde de mulţi parametri şi din această cauză nu a putut fi studiat satisfăcător pe cale analitică. Orice aport experimental în elaborarea unor metode noi de cercetare a comutaţiei are o valoare ştiinţifică şi practică bine determinată.

Metoda fotoelectrică permite analizarea calitativă a comutaţiei maşinilor de curent continuu şi alternativ pe calea măsurării intensităţii scînteilor sub periile de pe colector. În acest scop s-a construit un aparat electronic care prezintă avantaje evidente în comparaţie cu metodele vizuale obişnuite. În timp ce sensibilitatea spectrală a celulei fotoelectrice nu depinde de intensitatea luminii. în cazul ochiului omenesc ea se deplasează către lungimile mici de undă cu cît se reduce strălucirea. Afară de aceasta celula fotoelectrică nu prezintă fenomenul de adaptare specific fiecărui observator.

Alegerea celulelor fotoelectrice trebuie făcută cu grijă în aşa fel încît sensibilitatea lor să fie constantă şi fiecărei străluciri să-i corespundă o anumită valoare a curentului. Variaţiile de temperatură ale mediului înconjurător nu trebuie să influenţeze sensibilitatea celulei şi de aceea se folosesc celule în vid care sînt stabile la temperatură în intervalul −40 pînă la + 50°C.

Aparatul se compune dintr-o celulă fotoelectrică, un amplificator de curent alternativ, un dispozitiv de amortizare şi un galvanometru. Celula fotoelectrică se montează deasupra marginilor ce scînteiază ale periilor în aşa fel încît fluxul maxim luminos al scînteilor să cadă pe suprafaţa sensibilă la lumină.

Salturile curentului produs de celula fotoelectrică nu caracterizează procesul de comutaţie în întregime, putînd fi provocate în unele cazuri de factori mecanici accidentali. De aceea aparatul a fost prevăzut cu un amortizor care netezeşte impulsurile de curent emise de celula fotoelectrică. Curentul amplificat se redresează şi se aplică unui galvanometru.

Cu ajutorul acestui aparat s-a putut studia influenţa frecvenţei curentului de lucru al maşinii asupra zonelor fără scînteiere. S-a constatat o reducere considerabilă a suprafeţelor acestor zone la frecvenţa de $16\frac{2}{3}$ Hz în comparaţie cu aceleaşi zone la funcţionarea în curent continuu ; cu atît mai mult se reduce suprafaţa acestor zone la frecvenţa de 50 Hz. De asemenea s-a pus în evidenţă influenţa importantă a fazei curentului de excitaţie a polilor auxiliari asupra caracterului zonelor fără scîntei. *S.S.*

CZ 621.313:621.316.7

Legea reglajului economic al maşinilor electrice. [Lupă Bulgakov. A. A. : Electr cestvo, 76(1956)10, p.29—32].

Formulele după care se execută reglajul motoarelor asincrone prin intermediul frecvenţei, conţin principiul reglajului economic al turaţiei acestor motoare.

Acest principiu poate fi extins atît asupra maşinilor de curent continuu cît şi asupra celor de curent alternativ, obţinîndu-se legea reglajului economic al maşinilor electrice, care se enunţă după cum urmează :

O maşină electrică funcţionează cu pierderi minime independent de sarcină şi turaţie, dacă fluxul maşinii se reglează proporţional cu rădăcina pătrată a cuplului, adică tensiunea de alimentare trebuie să varieze astfel încît f.e.m. să se modifice proporţional cu produsul dintre viteza unghiulară şi rădăcina pătrată a cuplului.

Reglarea turaţiei electromotoarelor după principiul pierderilor minime, are drept consecinţă economia de energie electrică şi reducerea încălzirii adică mărirea puterii sistemului acţionat.

Principiul reglajului economic al turaţiei se poate folosi, în primul rînd, pentru sistemele de acţionări în curent continuu după schema generator motor şi pentru motoarele de curent continuu cu excitaţie serie.

Efecte deosebit de favorabile sînt de aşteptat în acţionările cu reglaj de frecvenţă mărită, în care caz pierderile specifice în fier cresc considerabil.

S.S.

Condensatoare Electrice

CZ 621.319.41.017.71

Regimurile termice ale izolaţiei condensatoarelor. [Lupă Kucinski G. S.: Electr cestvo, 77 (1957) 7,p.57].

Sînt studiate două aspecte importante ale problemei, şi anume : 1 — determinarea temperaturii maxime din interiorul secţiunilor în funcţie de intensitatea cîmpului electric, şi 2 — determinarea timpului maxim de funcţionare cu suprasarcină a condensatorului, fără să se ajungă la distrugerea termică a izolaţiei. Folosindu-se condensatoarele provenite din fabricaţii diferite şi fiind supuse acţiunii unor cîmpuri electrice superioare celor de lucru, s-au trasat diagramele respective. Se demonstrează posibilitatea atingerii unor gradienţi de potenţial mai ridicaţi la secţiunile condensatoarelor realizate cu un număr mai mic de straturi. Este studiată repartiţia temperaturilor din interiorul condesatorului, folosindu-se metode noi de lucru.

În partea a doua a lucrării, lucrînd cu gradienţi de potenţial între 18—42 kV/mm şi stabilind temperatura iniţială a secţiunilor de 60°C, au fost determinaţi timpii maximi de funcţionare în suprasarcină. Au fost stabilite o serie de relaţii empirice pentru determinarea parametrilor regimurilor tehnice ale condensatoarelor.

A.B.

Redresoare

CZ 621.314.652:621.316.722

Redresor cu tiratron stabilizat cu reglaj de amplitudine. [Lupă Donskoi A. V. şi Ivenski, G. V.: Electr.cestvo, 76(1956)11,p.37—42].

Schema care se foloseşte de obicei pentru stabilizarea tensiunii de ieşire a redresoarelor ionice funcţionează după principiul reglajului de fază. Aplicarea acestui principiu asigură o înaltă precizie de reglaj însă implică mari complicaţii ale schemelor de comandă pe grilă.

În acest articol autorii propun o schemă pentru stabilizarea redresoarelor cu tiratroane după un principiu pe bază de variaţie a amplitudinii. Avantajul acestei scheme este simplitatea reglajului, iar dezavantajul, factorul redus de stabilizare. Astfel pentru variaţii de ± 10% ale tensiunii reţelei, valoarea tensiunii redresate se modifică în limitele ± 2,5%.

Principiul de funcţionare al schemei este următorul : pe grila fiecărui ventil al redresorului se aplică în acelaşi

timp tensiunea etalon a cărei valoare nu depinde de tensiunea rețelei și o tensiune care variază proporțional cu valoarea eficace a tensiunii rețelei.

Mai departe, se arată că stabilizarea valorii medii a tensiunii redresate are loc atunci cînd tensiunea care execută reglajul variază după o lege conformă cu variația valorii medii a tensiunii redresate în funcție de unghiul de reglaj.

Experiența a dovedit că la reducerea tensiunii stabilizate care servește drept etalon, intervalul în care tensiunea rețelei se comportă satisfăcător se restrînge la domeniul tensiunilor mici.

Partea slabă a reglajului de amplitudine a tensiunii redresorului o constituie influența curentului de sarcină, a inductanței sistemului de alimentare și transformatorului redresorului, precum și a tensiunii de aprindere a tiratroanelor asupra calității stabilizării.

Pentru instalațiile care nu necesită o precizie prea mare de reglaj, marea simplitate a schemei de comandă a grilei permite o largă utilizare în industrie a procedeului descris.

Iluminat electric interior

S.S.

CZ 628.973:727.7

Iluminatul muzeelor. Lumină și culoare în prezentarea obiectelor. [După D é r i b è r è M. M.: Bull Soc. franc. Electr. 7, 1958 2, 71 p. 122—131].

Problema iluminării muzeelor comportă două aspecte: 1) punerea în evidență și valorificarea obiectelor prezentate pentru cea mai bună vizibilitate; 2) buna conservare a exponatelor.

Aceste două aspecte pot fi uneori contradictorii, deoarece prin fapul însăși al prezentării lor în public, obiectele fragile și colorate, primind o oarecare cantitate de lumină, (evaluată în luxiore) pot suferi o alterație.

Pentru iluminarea muzeelor, există mai multe surse posibile de lumină: lumina naturală, lămpile cu incandescență și lămpile fluorescente.

La iluminatul tablourilor și a țesăturilor colorate, se impune lumina fluorescentă, care redă în mod satisfăcător culorile. Este eronată ideea că acest gen de lumină ar degrada mai mult culorile decît lampa cu incandescență.

Pentru iluminatul statuilor, se impune un iluminat dirijat cu lămpi proiectoare sau cu reflectoare.

În general este de preferat iluminatul artificial, ca fiind mai suplu și mai constant cantitativ și calitativ.

În afară de ideile generale expuse mai sus, articolul cuprinde o clasificare a izvoarelor de lumină, în funcție de alterările la care pot da naștere.

De asemenea se dă o tabelă cuprinzînd valorile minime recomandabile de iluminări.

Autorul abordează problema contrastelor de străluciri și a opoziției culorilor, arătînd că acestea prezintă o importanță deosebită în aprecierea unui tablou.

Articolul conține 11 figuri (10 fotografii) care exemplifică diverse sisteme de iluminări de tablouri, statui, frize, sarcofage etc.

N.R.

CZ 628.976;656.851.4

Iluminarea dulapurilor de sortare la instituțiile poștale. [După E p a n e ș n i c o v M. M. și B r a t a l s k i E. A.: Svetotechnika, (1956) 3, p. 19—21].

Deoarece munca de sortare a scrisorilor sau banderolelor poștale cere mari eforturi vizuale s-a impus crearea pentru această categorie de lucrători a unei iluminări corespunzătoare. Procesul de sortare constă din așezarea scrisorilor într-un dulap special avînd un număr de căsuțe (de 100 × 175 pînă la 160 × 200 mm²) dispuse în planul vertical. Înălțimea dulapului este de 1,9 m lățimea de 1,6 m iar ultimul rînd de căsuțe se găsește la 0,8 m de la pardoseală. În munca pe care o face sortatorul trebuie să poată citi adresa de pe scrisoare, ceea ce cere o iluminare de circa 300 lx cît și etichetele fiecărei căsuțe din planul vertical al dulapului, ceea ce necesită o iluminare de circa 75 lx. S-a încercat, fără rezultat, rezolvarea acestei probleme atît prin iluminat general cît și prin iluminat local; datorită lămpilor incandescente utilizate, lucrătorii se plîngeau în cazul iluminatului local de o puternică încălzire a capului ținînd seama că lămpile erau montate chiar pe partea superioară a dulapului.

Pentru remedierea acestei situații s-a creat un aparat de iluminat special, folosind lampa fluorescentă cu lumină albcaldă de 15 W (B. J. 15). Această lampă are un reflector cu oglindă al cărui profil calculat prin metoda fluxului zonal asigură repartiția uniformă a iluminării în planul vertical. Aparatul de iluminat este fixat printr-o consolă de dulap și poate fi rotit în jurul axei sale longitudinale. În lungul dulapurilor de sortare la distanțe de la 0,9 la 1,1 m se fixează cîte un asemenea aparat de iluminat. Aparatul de iluminat are un randament de 78 % și poate fi folosit și pentru alte utilizări analoge. La poșta din Moscova unde a fost experimentat s-au obținut iluminări mai mari decît cele normate.

W.S.

CZ 628.976:621.316.37

Iluminarea camerei de comandă. [După K a ț Ia. A.: Svetotechnika, (1957) 5, p. 6—9].

Autorul analizează modul în care trebuie realizate instalațiile de iluminat ale unei camere de comandă ținînd seama că trebuie să se asigure o iluminare uniformă ca și evitarea de pete de lumină sau umbră pe panourile pe care sînt montate aparatele. În 1955—57 s-au adunat materiale privind rezultatele în exploatare a instalațiilor de iluminat din camerele de comandă de la 50 de centrale termo și hidroelectrice din U.R.S.S. Astfel, 21 dintre ele (42 %) sînt iluminate prin tavan luminos, 3 (6 %) cu lămpi montate în scafe iar restul de 26 (52 %) cu diferite aparate de iluminat (glob de sticlă lăptoasă, plafoniere, lustre etc.).

În 13 camere de comandă (26 %) se utilizează iluminat fluorescent.

Din declarațiile personalului de exploatare rezultă că tavanul luminos dă satisfacție în majoritatea cazurilor pe cînd iluminatul indirect prin scafe ca și instalațiile avînd aparatele de iluminat montate în camera de comandă nu sînt în general satisfăcătoare. O analiză analogă, efectuată la 47 de centrale din S.U.A. a dat următoarele rezultate: 53 % din camere de comandă au instalație de iluminat directă; 17 % indirectă; 15 % mixtă și 15% tavan luminos. Din totalul instalațiilor 76 % utilizează lămpi fluorescente, 17 % lămpi cu incandescență și 7 % ambele feluri de lămpi. Iluminările obținute ca și puterea specifică sînt indicate în tabela 1.

Tabela 1

Mărimea	Valoarea medie	Limitele de variație
Iluminarea verticală a părții superioare a panourilor, lx	390	85— 970
Iluminarea verticală a părții inferioare a panourilor, lx	240	45— 800
Iluminarea orizontală pe masa de lucru, lx . . .	490	85—1 600
Puterea specifică, W/m² .	50	16— 140

Concluziile la care ajunge autorul sînt următoarele:

1. Iluminatul camerei de comandă să se facă prin corpuri de mare suprafață.

2. La stații de mai mică importanță se pot utiliza aparate de iluminat care asigură o transmisie difuză a luminii.

3. Se recomandă utilizarea lămpilor fluorescente pentru iluminatul normal, iar a celor incandescente pentru iluminatul de avarie.

4. În stațiile fără personal permanent de exploatare se pot utiliza aparate de iluminat cu globuri de sticlă lăptoasă și lămpi cu incandescență.

5. Trebuie asigurată o execuție calitativă bună și o exploatare corespunzătoare.

W.S.

CZ 628.972:621.327.43

Iluminatul interior cu lămpi fluorescente de mare eficacitate. [După J o h n s o n W. H.: Ill. Engng, 51 (1956), 12, p. 803—809].

Se studiază problema folosirii lămpii fluorescente de 100 W cu aprindere rapidă și mare eficacitate (7 250 lm inițiali) în iluminatul industrial și comercial, dîndu-se rezultatele unei serii de calcule economice comparative. În concluzie se arată că această lampă înlocuiește, cu succes, alte lămpi fluorescente de aceleași dimensiuni, în aceleași corpuri de iluminat

(cu schimbarea duliilor şi a bobinei), acolo unde nu are importanţă strălucirea ei mai mare şi căldura mai mare pe care o produce ; în alte cazuri trebuie folosită această lampă în corpuri de iluminat construite în mod special pentru ea.

G.N.

Iluminat artificial exterior

CZ 628.971.6 :525.245.14

Instalaţiile pentru studiul strălucirii la iluminatul străzilor. [După Massart P.: Light and Lighting, 49 (1956) 9, p. 243—250].

Definirea criteriilor pentru calitatea iluminării străzilor, nu poate fi făcută pornind de la datele clasice de iluminări orizontale şi verticale. Aceste date, singurele care pot fi procurate, nu sînt caracteristice pentru ceea ce ochiul omenesc vede cînd observă o stradă sau un drum iluminat.

Pornind numai de la iluminări, se poate realiza empiric un bun sistem de iluminat al străzilor, dar el nu va fi economic.

Baza indispensabilă pentru proiectarea iluminatului străzilor o constituie studiul strălucirii străzilor.

Autorul descrie o instalaţie experimentală pentru măsurarea strălucirii străzilor. Instalaţia este compusă dintr-un stilbmetru electronic, un aparat de fotografiat fotometric, o cameră fotometrică, un banc fotometric şi o sferă integratoare. Articolul descrie pe larg stilbmetrul electronic şi aparatul de fotografiat fotometric.

Cu ajutorul instalaţiei s-au efectuat măsurători de străluciri ale izvoarelor luminoase, borduri, semnale avertizoare, semnale electrice etc.

N.R.

CZ 628.971.6

Cîţiva factori care influenţează vizibilitatea în timpul nopţii a obstacolelor de pe şosele. [După Finch D. M.: Ill. Engng. (1957) 3, p. 120—129].

Autorul s-a ocupat mult de problema vizibilităţii în timpul nopţii a obstacolelor de pe şosele, în cadrul „Institului de transport şi trafic" al Universităţii din California. În articol se definesc „indicii de vizibilitate" ca factori numerici întrebuinţaţi pentru a evalua o situaţie specifică.

Se indică indicii de vizibilitate pentru mai multe tipuri de obstacole (plane, multiplane, bi şi tridimensionale), în cazul a două sisteme experimentale de iluminat al şoselelor, cu strălucire uniformă şi neuniformă a pavajului.

Se arată importanţa repartiţiei strălucirilor asupra vizibilităţii nocturne a obstacolelor.

Se descrie pe larg un vizibilimetru cu prag de contrast cu ajutorul căruia se pot obţine evaluări foarte precise de vizibilitate.

Se arată în concluzie că variaţia vizibilităţii nocturne este mult mai mare în cazul sistemului de iluminat cu strălucire neuniformă decît în cazul sistemului de iluminat cu strălucire uniformă a pavajului.

N.R.

CZ 628.971.6 :625.85

Cercetări privind proprietăţile de reflexie ale îmbrăcăminţii de asfalt. [După Ostrovski M. A.: Svetotechnika, (1956) 1, p. 11—16].

În articol se arată că vizibilitatea obstacolelor pe o şosea iluminată este puternic influenţată de proprietăţile de reflexie pe care le are îmbrăcămintea ei. Normele de iluminare în vigoare în diferite ţări nu ţin seama de această influenţă ci apreciază calitatea iluminatului unei căi de circulaţie după realizarea iluminării orizontale minime (U.R.S.S.), medii (S.U.A., Germania, Belgia) sau după fluxul luminos specific (Franţa şi Anglia). Autorul arată că cercetările efectuate au stabilit că fluxul luminos reflectat de orice îmbrăcăminte de asfalt, independent de gradul de prăfuire şi de durata de exploatare are două componente din care una se supune legilor reflexiei difuze şi a doua legilor reflexiei regulate. Prima este practic independentă de unghiul de incidenţă α al razei luminoase iar repartizarea ei spaţială este apropiată de o cosinusoidă. Această descompunere a fluxului luminos reflectat se datoreşte structurii suprafeţei îmbrăcăminţii care poate fi considerată ca fiind formată din elemente dispuse orizontal (care reflectă fluxul luminos după legile reflexiei regulate) din concavităţi şi asperităţi (care asigură reflexia difuză).

Mărimea fiecărei dintre aceste componente depinde într-o mare măsură şi de faptul dacă porţiunea respectivă a îmbrăcăminţii este mai mult sau mai puţin circulată. Pentru determinarea coeficientului de strălucire autorul indică formula :

$$r_{\alpha,\theta,\beta} = r_0 + \frac{a}{(1 + b\ \mathrm{ctg}^2\alpha)\cos\theta}\ e^{-c\delta^2}$$

în care :

r_0, a, b şi c sînt constante ale căror valori pentru diferite îmbrăcăminţi de asfalt, sînt indicate în tabela 2 ;

α — unghiul de incidenţă al razei luminoase faţă de o axă verticală ;

θ — unghiul în planul vertical sub care observatorul vede punctul de studiu ;

β — unghiul de azimut al planului vertical în care se află observatorul.

Pentru determinarea experimentală în laborator a coeficientului de strălucire autorul indică schema unui aparat (fig. 4) care permite efectuarea măsurătorilor necesare pe o epruvetă din asfaltul îmbrăcăminţii. În articol se mai prezintă o serie de curbe care arată variaţia coeficientului de strălucire cu prăfuirea şoselei ca şi durata exploatării ei.

W.S.

Fotometrie Colorimetrie

CZ 535.245.22

Măsurarea fluxului luminos al surselor luminoase ; alegerea şi proprietăţile vopselelor albe pentru integratoarele fotometriee. [După Terrieu J.: Bull. Soc. franc. Electr. seria 7, 6 (1956) 5, p. 307—312].

Sînt discutate condiţiile care influenţează obţinerea coeficientului optim de reflecţie la sferele integratoare. Cea mai bună valoare este 0,85—0,9. Pentru fotometria homocromatică, o valoare de 0,95 poate fi mai bună, dar pentru compararea surselor de diferite culori, o valoare mai mică de 0,85 este de preferat.

Se dă o reţetă pentru o vopsea constînd din oxid de zinc sau sulfat de bariu.

O metodă sensibilă de măsurare a proprietăţilor vopselelor este descrisă.

Noua vopsea căreia i se dă reţeta, dă în mod evident rezultate mai bune decît vopselele precedente.

N.R.

CZ 628.9 :621.327.43 :535.68

Redarea culorilor cu surse de iluminare fluorescente. [După Helson H., Judd B., Wilson M.: Ill. Engng, 51 (1956) 4, p. 329—347].

Culoare şi formă sînt cei doi parametrii esenţiali în producerea laturii estetice a iluminatului. O trăsătură principală a interioarelor moderne este utilizarea intensă a culorii. Culoarea creează „atmosfera" arhitecturii zilelor noastre.

Obiectele prezintă diferite culori dacă sînt iluminate cu diverse izvoare luminoase. Astfel sursele incandescente întăresc nuanţele galbene şi roşii, în timp ce sursele fluorescente scot în evidenţă pe cele albastre şi verzi. Trebuie evitată schimbarea aparenţelor de culori prin utilizarea unei anumite surse luminoase.

Autorii au pus la punct o metodă de predeterminare a schimbărilor în percepţia culorilor, cînd se trece de la iluminatul incandescent la cel fluorescent.

Ecuaţiile colorimetric elaborate, permit determinarea culorii oricărui obiect, iluminat de orice izvor luminos, aşa cum este perceput de un observator adaptat la sistemul respectiv de iluminat.

Pe baza ecuaţiilor, autorii au întocmit tabele practice, utile pentru ingineri şi arhitecţi, care dau schimbările de culori determinate de izvoare luminoase fluorescente, de diferite tipuri.

Aceste tabele permit arhitectului decorator a vizualiza aparenţa culorilor alese.

Ecuaţiile au fost verificate practic, făcîndu-se experimentări cu observatori individuali, relative la schimbările în percepţia nuanţelor de culori, determinate de trecerea de la un iluminat natural la un iluminat cu lămpi fluorescente.

Experimentările au dovedit precizia ecuaţiilor teoretice.

N.R.

CRONICA

Reuniunea Generală anuală a Comisiei Electrotehnice Internaţionale (C.E.I.)

CZ 621.3 :061.3 (CEI)

Între 1 şi 14 iulie 1957, a avut loc la Moscova reuniunea generală anuală a Comisiei Electrotehnice Internaţionale (C.E.I.)*).

Au participat 420 delegaţi din 27 de ţări. Republica Populară Chineză şi Republica Populară Coreană au trimis numai observatori.

asupra izotopilor radioactivi şi a servi ca protecţie împotriva radiaţiilor; Comitetului Tehnic 1 (CT1) îi revine sarcina de a stabili o terminologie a centralelor atomoelectrice; Comitetului tehnic 15 (CT15) îi revine sarcina de a studia comportarea materialelor izolante supuse radiaţiilor; crearea unui comitet tehnic nou (CT 43) pentru ventilatoare electrice;

Deschiderea sesiunii C.E.I. în aula Universităţii Lomonosov din Moscova, în ziua de 2 iulie 1957.

Activitatea C.E.I. s-a desfăşurat în şedinţe pe următoarele comitete sau subcomitete de specialitate: 2—Maşini rotative; 9—Echipament pentru tracţiunea electrică; 17 A—Aparate de înaltă tensiune; 17 B—Aparate de joasă tensiune; 20—Cabluri; 22—Redresoare de putere; 22—2—Redresoare cu semiconductoare; 34 A—Lămpi cu incandescenţă; 34 B—Socluri şi dulii; 34 C—Lămpi cu descărcări în gaze; 35—Elemente primare şi baterii; 36—1—Izolatoare de trecere; 37—Exp. Descărcătoare. La şedinţele de specialitate au participat din partea R.P.R. 11 delegaţi, sub conducerea tov. prof. ing. I. Miletineanu, vicepreşedinte al Comitetului Electrotehnic Romîn. Aceasta a fost prima participare activă a R.P.R. în şedinţele de specialitate.

Comitetul de acţiune (CA) care constituie conducerea directă a C.E.I. şi la şedinţele căruia au participat şi delegaţi ai R.P.R., a luat o serie de hotărîri printre care: fixarea definitivă a următoarei reuniuni la Stockholm; publicaţiile C.E.I. vor apare şi în versiunea rusă-engleză; aprobarea de principiu, a înfiinţării unui nou comitet tehnic, care să se ocupe cu aparatele de măsurat electrice destinate să execute măsurători

extinderea şi adîncirea colaborării cu ISO; înfiinţarea Comitetului Tehnic 44 (CT 44) pentru echipamentul electric al maşinilor unelte; înfiinţarea unui subcomitet în cadrul CT 13 pentru aparate electronice de măsurat.

Comitetul de organizare în frunte cu tov. A. S. Pavlenko, ministru al Ministerului Centralelor Electrice al U.R.S.S. a asigurat condiţii de lucru perfecte. Lucrările conferinţei s-au desfăşurat în sălile Universităţii Lomonosov. Au fost organizate vizite cu caracter tehnic şi ştiinţific la: Universitatea Lomonosov, Centralele electrice termice Mosenergo nr. 11 şi nr. 20, Staţia de 400 kV de la Noghinsk, Laboratoarele Institutului energetic din Moscova, laboratoarele Institutului de cercetări de curenţi tari V.E.I., centrul de televiziune din Moscova, Institutul de cercetări ştiinţifice pentru curent continuu din Leningrad, fabrica de maşini electrice „Electro-Sila" din Leningrad, o secţie a căilor ferate electrice în 50 Hz, cu redresor pe locomotivă, fabrica de cabluri „Moskabel" din Moscova, fabrica de tuburi electronice Svetlana din Leningrad.

Aşa cum s-a subliniat şi cu ocazia recepţiei de închidere, reuniunea C.E.I. de la Moscova a îndeplinit nu numai o sarcină pur profesională, dar a contribuit în largă măsură la înţelegerea şi coexistenţa paşnică a popoarelor.

Ing. **Gh. Hortopan**

*) Mesajul Dr. Percy Dunsheath, preşedintele C. E. I. şi Salutul delegaţilor de către Comitetul de partic pare al U.R.S.S. au fost publicate în Electrotehnica 5(1957)7, p. 197—198.

Oaspeţi iluştri

În scopul colaborării directe tehnico-ştiinţifice între Institutele de cercetare ale Academiei de Ştiinţe din U.R.S.S. şi ale Academiei R.P.R., o delegaţie de şase oameni de ştiinţă iluştri sub conducerea academicianului I. I. Artobolevski, membru în biroul Secţiei de Ştiinţe tehnice a Academiei de Ştiinţe şi vicepreşedintele Asociaţiei unionale pentru răspîndirea ştiinţei şi culturii din U.R.S.S., responsabilul laboratorului Institutului de mecanică al Academiei, a sosit în ţară în ziua de 16 octombrie 1956 ca invitaţi ai Academiei R.P.R. Din delegaţie fac parte printre alţii: prof. V. I. Popkov membru corespondent al Academiei şi director adjunct al Institutului de energetică al Academiei U.R.S.S., membru în comitetul de redacţie al revistei Electricestvo; M. D. Cernişev candidat în ştiinţe tehnice, secretar ştiinţific al Institutului de combustibili al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S.; B. S. Visniakov, secretar ştiinţific adjunct al secţiei de ştiinţe tehnice al Academiei de Ştiinţe din U.R.S.S.

Oaspeţii au fost primiţi la Academia R.P.R. în ziua de 17 octombrie 1957 de către tov. academician prof. I. S. Gheorghiu, tov. academician prof. E. Carafoli şi un grup de membri corespondenţi ai Academiei, de directorii şi adjuncţii ştiinţifici ai institutelor dependente de Secţia tehnică.

Tov. academician I. S. Gheorghiu a salutat oaspeţii în numele Prezidiului Academiei R.P.R. şi a conducerii secţiei tehnice, trecînd în revistă evoluţia, organizarea şi realizările mai importante ale Academiei R.P.R. şi a secţiei tehnice. S-a discutat, totodată, şi programul convorbirilor şi vizitelor.

În zilele de 18 şi 19 octombrie, tov. prof. V. I. Popkov şi tov. candidat în ştiinţe tehnice M. D. Cernişev au vizitat Institutul de energetică al Academiei R.P.R., unde au fost primiţi şi conduşi de directorul institutului, prof. dr. ing. R. Răduleţ, membru corespondent al Academiei R.P.R.

În ziua de 21 octombrie aceeaşi oaspeţi au vizitat Institutul Politehnic Bucureşti, unde au fost primiţi de Rectorul Institutului, tov. prof. C. Dinculescu, membru corespondent al Academiei R.P.R.

Tov. prof. V. I. Popkov a vizitat în ziua de 22 octombrie laboratoarele Institutului de cercetări electrotehnice (I.C.E.T) al Ministerului Industriei Grele, unde a fost primit şi condus de directorul institutului tov. conferenţiar Roman Stere.

Delegaţia a părăsit ţara în ziua de 31 octombrie. *A.A.*

Aparate electrocasnice moderne

- Sobe electrice
- Reşouri
- Cuptoare
- Plite duble
- Plite cu acţiune rapidă
- Încălzitoare de apă
- Diferite modele de fiare de călcat
- Fiare de călcat cu reglarea automată a încălzirii

- Aparate de prăjit pîine
- Ceainice şi fierbătoare de cafea în diferite execuţii
- Grătare
- Aspiratoare
- Maşini de lustruit parchetul
- Ventilatoare de masă
- Sobe electrice pentru încălzit şi radiatoare

TRANSELEKTRO

INTREPRINDERE MAGHIARĂ DE COMERŢ EXTERIOR PENTRU PRODUSE ELECTRICE

ADRESA: BUDAPESTA 62, CASUŢA POŞTALĂ 377
TELEGRAME: TRANSELEKTRO — BUDAPESTA

TRANSELEKTRO

СОДЕРЖАНИЕ

Д. К. 9(S)21 (067)
40-я годовщина Великой Октябрьской Социалистической Революции.
Electrotehnica V (1957) 11, стр. 353

Д. К. 621.3 (083.72)
Терминология теоретической электротехники (от редакции журнала „Electrotehnica").
Electrotehnica V (1957) 11 стр. 355

Д. К. 621.3(083.72)
Вырезки из статьи: «Терминология теоретической электротехники» Члена-корреспондента АН СССР профессора Л. Р. Неймана. (Электричество, 1957, 6.).
Electrotehnica V (1957) 11 стр. 355

Д. К. 621.3 (083.72)
Выдержки из вступительной статьи: «От Комитета технической терминологии АН СССР» (Электричество, 1957, 6).
Electrotehnica V (1957), 11, стр. 358

Терминология теоретической электротехники (Сборник) (Электричество, 1957, 6), (Перевод из русского языка)
Electrotehnica, V (1957) 11, стр. 358

Д. К. 621.316.57.001.4
Hortopan Gh.
Испытание разрывной мощности высоковольтных выключателей.
Electrotehnica, V (1957) 11, стр. 365

Изложены основные вопросы связаные со схемами и аппаратурой испытательных установок на разрывную мощность. Специально отмечаются советские достижения в этой области.

Д. К. 621.313.32.072.9.
Nedelcu V.
Электромагнитный момент развиваемый синхронной машиной при самосинхронизации.
Electrotehnica V (1957) 11 стр. 371

Выводится выражение электромагнитного момента развиваемого синхронной машиной при самосинхронизации. Предполагается что скольжение машины постоянно и что машина имеет успокоительные обмотки по обоим осьям.

Д. К. 621.316.5.064.4.
Predoiu A.
Исследование гашения электрической дуги в аппаратах ниского напряжения, путем скоростной фотосъёмки и осилографа.
Electrotehnica V (1957) 11, стр. 375

Кратко излагается метод О. Б. Брона. Описывается установка с заная фабрикой „Electoaparataj" и результаты полученые на этой установке.

Д. К. 621.331.625.1.
Hardt M.
Электрификация железных дорог в СССР.
Electrotehnica V (1957) 11, стр. 382

Рассмотрены общие пути электрификации железных дорог в СССР.

ЗАМЕТКИ
Д. К. 621.3.061.6 (S)
Hortopan Gh.
Всесоюзный электротехнический институт, имени «В. И. Ленина» (ВЭИ).
Electrotehnica V (1957) 11, стр. 386

РЕФЕРАТЫ, стр. 304 388
ХРОНИКА, стр. 391

INHALTSVERZEICHNIS

DK 9(S)21.(067)
Zur 40. Jahresfeier der Grossen Sozialistischen Oktoberrevolution
Electrotehnica, V(1957)H.11,S. 353

DK 621.3.(083.72)
Die elektrotechnische Ausdrucksweise in der U.d.S.S.R. (von Seiten der Schriftleitung der Zeitschrift „Electrotehnica")
Electrotehnica, V(1957)H. 11, S. 355

DK 621.3.(083.72)
Auszüge aus dem Aufsatze „Die Ausdrucksweise der theoretischen Elektrotechnik" von L. R. Neiman, korrespondierendes Mitglied der Wissenschaftlichen Akademie der U.d.S.S.R.
(„Elektritschestwo", 1957, 6).
Electrotehnica, V(1957)H. 11, S. 355

DK 621.3(083.72)
Auszug aus dem Einleitungstext „Vom Ausschuss für technische Ausdrucksweise der Wissenschaftlichen Akademie der U.d.S.S.R.
(„Elektritschestwo", 1957, 6).
Electrotehnica, V(1957)H. 11, S. 358

DK 621.3(083.72)
Die Ausdrucksweise der theoretischen Elektrotechnik „Sammlung" (Übersetzung aus der „Elektritschestwo", 1957, 6).
Electrotehnica, V(1957)H. 11, S. 358

DK 621.316.57.001.4
Hortopan Gh.:
Versuche bzgl. Schaltleistung von Hochspannungsschaltern
Electrotehnica, V(1957)H. 11, S. 365

Es werden die Hauptprobleme dargelegt, im Zusammenhang mit den Schemata und der Apparatur der Versuchsfelder für Schaltleistungen. Besondere diesbezügliche Aufmerksamkeit wird den sowjetischen Verwirklichungen gewidmet.

DK 621.313.32.072.9
Nedelcu V.:
Das von der Synchronmaschine entwickelte Drehmoment während ihrer Schaltung auf das Netz durch die Methode der Selbstsynchronisierung
Electrotehnica, V(1957)H. 11, S. 371

Es wird der Ausdruck des elektromagnetischen Drehmomentes der Synchronmaschine abgeleitet für die Periode der Schaltung auf das Netz durch Selbstsynchronisierung in der Annahme das der Motorschlupf konstant ist und dass die Maschine auf beiden Achsen Dämpferwicklungen besitzt.

DK 621.316.5.064·4
Predoiu A.:
Das Studium des Vorganges der Lichtbogenlöschung bei Niederspannungsapparaten mit Hilfe des Oszillographen und der Schnellfotographie
Electrotehnica, V(1957)H. 11, S. 375

Es wird kurz die Methode von O. B. Bron dargelegt bzgl. der Studien für die Lichtbogenlöschung in den Niederspannungsapparaten. Es wird die von „Electroaparataj" zusammengebaute Einrichtung beschrieben sowie die damit erzielten Resultate.

DK 621.331 :625.1
Hardt M.:
Die Elektrifizierung der Eisenbahnen in der U.d.S.S.R.
Electrotehnica, V(1957)H. 11, S. 382

Es werden die Hauptlinien skizziert, auf denen sich die Elektrifizierung der Eisenbahnen in der U.d.S.S.R. entwickelt.

NOTEN
DK 621.3 :061.6.(S)
Hortopan Gh.:
Das Unionale Elektrotechnische Institut „V. I. Lenin"
Electrotehnica, V (1957)H. 11, S. 387

REFERATE, S. 388
CHRONIK, S. 391

SOMMAIRE

CD 9(S)21.(067)

Le 40-ème anniversaire de la Grande Révolution Socialiste d'Octobre

Electrotehnica, V(1957)no. 11, p. 353

CD 621.3(083.72)

La terminologie électrotechnique dans l'U.R.S.S. (de la part de la rédaction de la revue „Electrotehnica").

Electrotehnica, V(1957)no. 11, p . 355

CD 621.3(083.72)

Extraits de l'article „La terminologie de l'électrotechnique théorique" par L. R. Neiman, membre correspondant de l'Académie des Sciences del'U.R.S.S. („Electritchestvo", 1957. 6)

Electrotehnica, V(1957)no. 11, p. 355

CD 621.3(083.72)

Extrait du texte introductif „De la part du Comité de terminologie technique de l'Académie des Sciences de l'U.R.S.S. („Electritchestvo", 1957, 6).

Electrotehnica, V(1957)no. 11, p. 358

CD 621.3(083.72)

La terminologie de l'électrotechnique „Recueil" (traduction de „l'Electritchestvo", 1957, 6).

Electrotehnica, V(1957)no. 11, p. 358

CD 621.316.57.001.4

Hortopan Gh. :

L'essai à la puissance de coupure des interrupteurs haute tension

Electrotehnica, V(1957)no. 11, p. 365

On expose les principaux problèmes posés par les schémas et l'outillage des stations d'essais à la puissance de coupure. On étudie spécialement les réalisations soviétiques correspondantes

CD 621.313.32.072.9

Nedelcu V. :

Le couple électromagnétique produit par la machine synchrone pendant l'accouplement au réseau par autosynchronisation

Electrotehnica, V(1957)no. 11, p. 371

On déduit l'expression du couple électromagnétique de la machine synchrone pendant l'accouplement au réseau par autosynchronisation en supposant que le glissement est constant et que la machine est pourvue d'enroulement d'amortissement sur les deux axes.

CD 621.316.5.064.4

Predoiu A. :

L'étude du procès d'extinction de l'arc électrique dans les appareils basse tension à l'aide de l'oscillographe et de la photographie rapide.

Electrotehnica, V(1957)no. 11, p. 375

On fait un bref exposé de la méthode de O. B. Bron pour l'étude de l'arc électrique dans les appareils basse tension. On présente l'installation réaliseé à l',,Electroaparataj" et les résultats obtenus avec elle.

CD 621.331 : 625.1

Hardt M. :

L'électrification des chemins de fer en U.R.S.S.

Electrotehnica, V(1957)no. 11, p . 382

On présente les voies générales du développement de l'électrification des chemins de fer en U.R.S.S.

NOTES

CD 621.3. :061.6.(S)

Hortopan Gh. :

L'Institut Electrotechnique Unional „V. I. Lenin"

Electrotehnica, V(1957)no. 11, p. 387

DOCUMENTATION, p. 388
CHRONIQUE, p. 391

CONTENTS

DC 9(S)21(067)

The 40th Anniversary of the Great Socialist October Revolution

Electrotehnica, V(1957)no. 11, p. 353

DC 621.3(083.72)

Electrotechnical Terminology in U.S.S.R. (on the part of the editorial board of the journal „Electrotehnica")

Electrotehnica, V(1957)no. 11, p. 355

DC 621.3(083.72)

Extracts from the paper „Terminology for the theoretical electrical engineering" by L. R. Neiman, corresponding member of the Academy of Sciences of the U.S.S.R. („Electrichestvo", 1957, no. 6)

Electrotehnica, V(1957) no. 11, p. 355

DC 621.3(083.72)

Extract from the introductory text „From the Committee for technical terminology of the U.S.S.R.'s Academy of Sciences'

(„Electrichestvo" 1957, no. 6).

Electrotehnica, V(1957) no. 11, p. 358

DC 621.3(083.72)

Terminology of the theoretic electrical engineering „Collected articles" (translation from, „Electrichestvo" 1957, no. 6)

Electrotehnica, V(1957)no. 11, p. 358

DC 621.316.57.001.4

Hortopan Gh. :

Testing on breaking capacity of high-voltage switches

Electrotehnica, V(1957)no. 11, p. 365

The main problems in connection with the schemes and implement of the stations for testing breaking capacity are exposed. A particular attention is paid to the Soviet performances in this field.

DC 621.313.32.072.9

Nedelcu V. :

Electromagnetic couple developed by the synchronous machine in the network connecting regime by means of autosynchronizing method

Electrotehnica, V(1957)no. 11, p. 371

It is derived the expression of the electromagnetic couple of the synchronous machine in the regime of connecting to relay by means of autosynchronization in the hypothesis that the motor slipping is constant and the machine has damping windings on both axles.

DC 621.316.5.064.4

Predoiu A. :

A study with the aid of the oscillograph and speedy photography on the breaking process of the electric arc at low woltage apparatuses

Electrotehnica, V(1957)no. 11, p. 375

The O.B. Bron's method for studying the arc breaking in low-tension apparatuses is briefly described. The plant developed at the undertaking „Electroaparataj" as well as the results achieved with this plant are displayed.

DC 621.331 :625.1

Hardt M. :

The electrification of the railways in U.S.S.R.

Electrotehnica, V(1957)no. 11, p. 382

The general development lines of the electrification of the railways in U.S.S.R. are outlined.

NOTES

DC 621.3 :061.(S).

Hortopan Gh. :

The All-Union Electrotechnical Institute „V. I. Lenin"

Electrotehnica, V(1957)no. 11, p. 387

ABSTRACTS, p. 388
CHRONICLE, p. 391

Országos Műszaki Könyvtár TULAJDONA

Începînd de la 1 ianuarie 1958, toate lucrările elaborate de către Direcţia Generală pentru Metrologie, Standarde şi Invenţii se vor difuza de către Editura de Stat pentru Imprimate şi Publicaţii (E.S.I.P.). Difuzarea se va face numai pe bază de abonamente anuale (plata abonamentelor reprezentînd suma depusă în cont). De reţinut că revista Standardizarea nu se mai difuzează şi de către organele difuzării presei, ca în anul 1957.

Dăm mai jos lista lucrărilor care se vor tipări şi difuza, specificîndu-se preţul abonamentului pe specific de lucrări şi pe sectoare de producţie.

ABONAMENT PE SECTOARE

Nr. crt.	Denumirea publicaţiei	Abonament general	A	B	C	D	F	G	H	K	L	M	P	R	S	T	U
1	Standarde de stat *)	800	75	100	100	75	100	100	100	100	75	75	75	75	75	75	100
2	Indicatoarele standardelor aprobate	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
3	Colecţii comentate de standarde	450	40	55	55	55	80	80	35	25	30	45	10	15	—	15	55	70
4	Descrieri de invenţii	100	5	10	15	10	15	5	5	10	15	10	—	10	—	—	5	15
5	Instrucţiuni de metrologie	150	10	10	25	10	25	—	—	—	—	—	—	25	—	—	—	25
6	Instrucţiuni de cazane	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	Extrase de tipuri	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	Broşuri tehnice de metrologie	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	Instrucţiuni, legi şi regulamente ale Oficiului de Stat pentru invenţii	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	Revista Standardizarea	54	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	Revista de Metrologie	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Total	1840	205	250	270	215	290	260	215	210	195	205	160	200	150	165	210	285

*) Abonamentele pe grupe 75 lei

COMENZILE DE ABONAMENTE POT AVEA URMĂTOARELE FORMULARI:

1) . . . X abonamente generale la toate lucrările elaborate de către DGMSI (costul unui abonament 1840 lei).
2) . . . X abonamente generale la STAS-uri (a 800 lei), Y abonamente la indicatoare (a 75 lei), Z abonamente la colecţii de standarde comentate (a 450 lei) etc.
3) . . . X abonamente la lucrări din sectorul A (a 205 lei), Y abonamente la lucrări din sectorul B (a 250 lei), Z abonamente la lucrări din. sectorul C (a 270 lei), A abonamente la rev. Standardizarea (a 54 lei) B abonamente la rev Metrologia Aplicată (a 48 lei) etc.
4) . . . X abonamente la Descrieri de invenţii (a 100 lei).
5) . . . X abonamente la Instrucţiuni de metrologie (a 150 lei), Y abonamente la Extrase de tipuri (a 50 lei).

Modul de difuzare şi abonare este descris detaliat în revista „Standardizarea" nr. 8 1957, pag. 403.

Comenzile pentru abonamente prevăzute cu semnăturile celor care angajează valabil întreprinderea sau instituţia se vor trimite pe adresa: E.S.I.P., str. Elie Radu nr. 5, Bucureşti.

În nota de comandă se va specifica numărul contului întreprinderii la B.R.P.R. sau B.I. pentru a se putea introduce cererea de plată, cunoscînd că potrivit H.C.M. 1408/1952, abonamentele nu se pot efectua decît cu plata anticipată.

Totodată, la comenzi se va anexa şi adresa de acceptare a plăţii, care este necesară la bancă.

Pentru comenzile de valoare inferioară sumei de 250 lei pentru provincie şi 500 lei pentru capitală, se va vira acoperirea abonamentului în contul E.S.I.P. la B.R.P.R. (nr. 138159 D.O.B.) deoarece potrivit 265 949 nu pot fi introduse cereri de plată decît pentru sume superioare acestora.

Cererile de abonamente se primesc pînă la 15 decembrie 1957.

Cunoscînd că tirajele vor fi fixe, stabilite numai pe bază de comenzi, rugăm pe cei interesaţi să trimită la timp cererile de abonamente.

De asemenea veţi semnala în scris eventualele schimbări de adrese şi alte situaţii intervenite în cursul anului.

DIRECŢIA GENERALĂ PENTRU METROLOGIE, STANDARDE ŞI INVENŢII

EDITURA DE STAT PENTRU IMPRIMATE ŞI PUBLICAŢII

Lei 5

R. 395
REFERATIVA
Institut. de Documentare Tehnică
BUCUREȘTI
OBMEN - CSERE
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - OMEHA

ELECTROTEHNICA

Országos Műszaki
Könyvtár
TULAJDONA

12

Electrotehnica Anul V nr. 12 decembrie 1957

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU, prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, prof. dr. ing. A. AVRAMESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R. (redactor responsabil), ing. V. BUNEA, laureat al Premiului de Stat, prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU, conf. ing D. DAMSKER, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. ST. GROSU, conf. ing. GH. HORȚOPAN, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. G. LAZARIDE, prof. dr. ing. R. RĂDULET, membru corespondent al Academiei R.P.R. laureat al Premiului de Stat.

Recomandări privind întocmirea articolelor tehnico-științifice

1. *Lucrări ce pot fi prezentate spre publicare sînt: de importanță generală, tehnico-științifice speciale, teoretice sau experimentale și tehnice obișnuite.*
2. *Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învățămînt, producție, este condiția esențială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuție trebuie să se refere la probleme noi și actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde considerații privind eficiența economică a soluțiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.*
3. *Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.*
4. *Lucrări care au mai fost publicate integral sau parțial, nu pot fi trimise redacției spre publicare*
5. *Un scurt rezumat fixînd premizele de la care s-a pornit, problema studiată și cadrul în care este tratată, nedepășind 6—8 rînduri, se va anexa lucrării.*
6. *În introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei și în preocupările producției; de asemenea se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuția autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permițînd inteligibilitatea fără dificultăți a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstrații voluminoase; de asemenea se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată, sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.*
7. *Concluziile vor concentra rezultatele obținute cu indicarea limitei de valabilitate și aplicațiilor posibile.*
8. *Anexele pot cuprinde demonstrații originale sau absolut necesare înțelegerii formulelor din text; de asemenea în anexe se pot da exemple de calcul.*
9. *Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmațiile luate din alte lucrări și care nu sînt în general cunoscute.*
10. *Nivelul articolelor va fi înalt.*
11. *Dezvoltările matematice vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului. Pentru demonstrații se vor alcătui anexe.*
12. *Se recomandă o atenție deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grije literele majuscule, minuscule sau cele ruseți, romane, grecești, germane etc.*
13. *Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît și figuri sau tabele) speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale. Pentru cărți: numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet (eventual și tradus în paranteză), ediția, editorul, locul edității, anul. Pentru articole: numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus în paranteze), revista tomul, anul, numărul, paginile.*
14. *Scrisul la mașină al articolelor este recomandat cu insistență exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură față, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.*
15. *Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicații.*
16. *Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. În notă se vor indica: titluri academice, funcțiuni, localitatea și adresa domiciliului, număr de telefon.*
17. *Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora de publicare.*
18. *Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 ore de la primire. Nu se admit modificări esențiale față de manuscris, în care caz ele cad în sarcina autorului.*

Revista „Electrotehnica", organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Grele Editor: Asociația Științifică a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. Redacția: București, Str. Ion Gnica nr. 3, telefon 3 57 28 — 3 07 30. Administrația și Casieria: București, Cal. Victoriei 118, telefon 4 06 24. Redacția își rezervă toate drepturile privind lucrările precum și materialul grafic-ilustrativ apărut în revistă cît și cele privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase, referate sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei. Revista apare lunar. Abonamentul anual: pentru întreprinderi lei 96 individual lei 30. Prețul unui exemplar: lei 5. Abonamentele se primesc la sediile administrației sau redacției: sus indicate. Tiparul: Întreprinderea Poligrafică nr. 3. București.

ELECTROTEHNICA

Anul V Nr. 12 decembrie 1957

SUMAR

Un deceniu de la proclamarea Republicii Populare Romîne,
Electrotehnica, V (1957) nr. 12, p. 393

CZ 621.314.2.018.3
Corlăţeanu V. şi Şerban Gh. :
Amortizarea armonicelor de ordin 3 la transformatoarele trifazate
Electrotehnica, V(1957) nr. 12, p. 395

Se face un studiu teoretic şi experimental care dă o imagine aproape completă asupra apariţiei şi amortizării armonicii de ordin 3 la transformatoarele trifazate. Se dă o diagramă şi se deduc formule de calcul pentru amortizarea armonicii de ordinul 3 şi a componentei homopolare. Experimental, se verifică concluziile teoretice şi se fac o serie de constatări noi la transformatoarele cu fluxuri forţate şi cu fluxuri libere, la mers în gol şi la sarcină simetrică şi nesimetrică.

CZ 621.372.012.8
Mocanu C. :
O teorie unitară a schemelor echivalente prin transfigurări topologice
Electrotehnica, V(1957) nr. 12, p. 405

Se stabileşte o teorie unitară a schemelor echivalente prin transformări succesive, demonstrîndu-se în acest scop teoremele generale de transfigurări, pentru structurile electrice cu elemente active şi cuplate. Generalizarea teoremelor de transfigurare permite soluţionarea teoremei Thévenin-Norton, cu aplicaţii în calculul curenţilor de scurtcircuit, în scheme echivalente, în probleme de sinteză şi o nouă orientare în aprecierea regimului energetic al reţelelor electrice.

CZ 621.314.222—181.2
Hortopan Gh. :
Transformatoare de mare putere şi de înaltă tensiune
Electrotehnica, V (1957) nr. 12, p. 415

Pe baza datelor din literatură se expun, sub forma unui studiu, problemele specifice privind construcţia transformatoarelor mari. Se analizează astfel : miezul magnetic relativ la utilizarea tolelor de calitate îmbunătăţită şi obţinerea unui circuit de magnetizare fără armonice, cum şi izolaţia bobinajelor cu referire la comportarea transformatorului la unda de impuls de tensiune.

CZ 621.313.333.2.016.1 :621.317.6
Şora I. :
Determinarea experimentală a caracteristicii cuplului la motoarele asincrone cu rotorul în scurtcircuit
Electrotehnica, V (1957) nr. 12, p. 424

În lucrare, se prezintă, pe scurt, principalele metode experimentale-întîlnite în literatura de specialitate. În continuare se discută o schemă şi se dau unele rezultate experimentale.

NOTE
CZ 621.314.2.015.3
Nicolaide A. :
Metode pentru studiul fenomenelor tranzitorii la transformatoare
Electrotehnica, V (1957) nr. 12, p. 428

REFERATE, p. 430
RECENZII, p. 433
NIDEX SISTEMATIC, p. 435

TRANSELEKTRO

Aparate pentru încercarea la străpungere a uleiului

Aparataj indispensabil pentru asigurarea funcţionării continue a transformatoarelor de înaltă tensiune şi a întreruptoarelor de mare putere.

Manipulare uşoară, greutate mică, metodă de măsurare rapidă şi precisă, siguranţă în funcţionare, sînt caracteristicile principale ale aparatelor noastre.

TRANSELEKTRO

INTREPRINDERE MAGHIARĂ DE COMERŢ EXTERIOR PENTRU PRODUSE ELECTRICE

ADRESA: **BUDAPESTA 62,** CĂSUŢA POŞTALĂ 377
TELEGRAME: TRANSELEKTRO BUDAPESTA

TRANSELEKTRO

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.
ŞI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI GRELE

Anul V Nr. 12 Bucureşti, decembrie 1957

ORSZÁGOS MÚSZAKI KÖNYVTÁR 1883

Un deceniu de la proclamarea Republicii Populare Romîne

Se împlineşte un deceniu de cînd 30 Decembrie a devenit una din sărbătorile iubite ale poporului romîn. Ca toate sărbătorile, această zi constituie un prilej de trecere în revistă a realizărilor obţinute de poporul nostru, în avîntul impetuos al construcţiei socialiste şi un prilej de adîncă meditaţie asupra perspectivelor istorice care se întrezăresc din ce în ce mai luminoase în viitor.

Dintr-o ţară înapoiată din toate punctele de vedere, în care mizeria, corupţia şi analfabetismul, această stemă a orînduirii burghezo-moşiereşti, domneau sub oblăduirea monarhilor de neam străin şi care abia ne cunoşteau limba, am devenit o ţară liberă, în care exploatarea omului de către om este pe cale să dispară, în care munca a devenit o chestiune de onoare, în care progresul, bunăstarea şi cultura poporului constituie grija de seamă a conducerii statului.

Sub conducerea partidului forţele creatoare ale maselor au deslănţuit o măreaţă operă constructivă, făcînd ca deasupra patriei noastre să răsară un soare nou, socialist. Într-o perioadă istorică scurtă înfăţişarea politică, economică şi culturală a ţării noastre s-a schimbat radical. Adevărata democraţie, democraţia socialistă, a pătruns pînă în cel mai retras colţişor al patriei.

Clasa muncitoare, ţărănimea muncitoare şi intelectualitatea progresistă şi-au ales reprezentanţii cei mai demni ca să conducă destinele acestei ţări.

Avînd în mînă puterea politică clasa muncitoare din ţara noastră, sub conducerea partidului, a trecut cu hotărîre la lichidarea rămînerii în urmă a nivelului economic şi cultural pe care-l menţinuse vechea orînduire. Dezvoltarea cu precădere a industriei mijloacelor de producţie a devenit obiectivul socialist principal al poporului muncitor. În acest scop au fost naţionalizate principalele mijloace de producţie existente devenind bunuri ale întregului popor.

O consecinţă directă a naţionalizării a fost apariţia unor ramuri industriale cu totul noi care nu au existat în Romînia burghezo-moşierească, şi care prin ritmul lor de dezvoltare au ajuns să producă cea mai mare parte a maşinilor şi a utilajului necesar economiei noastre naţionale.

Una din aceste noi ramuri este şi industria electrotehnică. În această privinţă ţara noastră era foarte slab dezvoltată, neexistînd decît cîteva mici întreprinderi particulare care se ocupau mai mult cu repararea şi montarea utilajului electrotehnic importat din străinătate.

În cei zece ani care au trecut de la proclamarea Republicii Populare Romîne industria electrotehnică s-a dezvoltat cu paşi uriaşi. La începutul acestei perioade prima sarcină importantă care a stat în faţa muncitorilor, tehnicienilor şi inginerilor a fost repunerea în funcţiune a instalaţilor distruse sau avariate în timpul războiului, pentru asigurarea alimentării cu energie electrică a industriei şi a celorlalţi consumatori.

Elaborarea planului de electrificare pentru o perioadă de 10 ani (1950—1960) a dat un nou impuls dezvoltării industriei electrotehnice. Au luat fiinţă puternice întreprinderi electrotehnice. În aceste întreprinderi se fabrică actualmente utilaj electrotehnic modern care satisface în bună parte necesităţile interne şi din care o parte merge şi pentru

export. Astfel între altele se fabrică: transformatoare de forță de toate puterile pînă la 20 000 kVA și 110 kV, aparataj de înaltă tensiune pînă la 110 kV, multiple categorii de mașini electrice de c.c. și c.a., aparataj de joasă tensiune, aparate de măsură, relee etc.

Pentru industria minieră și petroliferă, se fabrică locomotive electrice de mină de 2, 4 și 8 t, serii de motoare și întreruptoare electrice în execuție antigrizutoasă, motoare speciale pentru pompare și foraj etc. Putem menționa, de asemenea, fabricarea echipamentelor electrice pentru mașinile unelte și pentru autovehicule, fabricarea motoarelor electrice protejate împotriva exploziilor, pentru industria chimică, a echipamentului electric complex pentru fabricile de ciment etc.

În vederea mecanizării agriculturii s-au fabricat grupuri electrogene, echipament electric pentru tractoare și pentru electrificarea ariilor de treierat etc.

Pentru ridicarea nivelului de trai și al celui cultural al oamenilor muncii de la orașe și sate se fabrică aparate electrice de larg consum.

În scopul organizării științifice a producției electrotehnice a luat ființă Institutul de cercetări electrotehnice (ICET). Realizările electricienilor romîni sînt publicate în paginile revistei „Electrotehnica" iar de curînd A.S.I.T.-ul a organizat „Prima conferință a electricienilor din Republica Populară Romînă" în cadrul căreia s-au prezentat un număr mare de comunicări interesante și importante pentru industrie.

Realizările industriei electrotehnice sînt o parte constitutivă a realizărilor generale ale construcției socialiste la noi în țară.

Pe plan industrial în comparație cu anul 1939 producția pe cap de locuitor a crescut în 1956 aproximativ de 4 ori la fontă, de 2,5 ori la oțel, de 4 ori la energie electrică, de 15 ori la gaz metan, de 3,8 ori la ciment etc. Creșteri apreciabile s-au realizat de asemenea la produsele industriale de larg consum. Peste 42% din totalul suprafeței agricole a țării noastre este cuprins în sectorul socialist. Numărul țăranilor muncitori care intră în gospodării colective și în alte unități agricole socialiste crește în fiecare zi.

Întărirea continuă a alianței dintre clasa muncitoare și țărănimea muncitoare și întărirea rolului conducător al clasei muncitoare în această alianță, constituie chezășia construcției victorioase a socialismului.

O preocupare permanentă a partidului și guvernului este îmbunătățirea continuă a condițiilor de muncă și a nivelului de trai al celor ce muncesc. Pe această linie în tot mai multe întreprinderi se aplică cu succes normele sistemului îmbunătățit de salarizare și normare.

Pe plan cultural în țara noastră s-a produs o adevărată revoluție culturală. A dispărut analfabetismul și cartea a devenit un bun indispensabil și nelipsit al fiecărui om. Numărul studenților s-a triplat, numărul teatrelor a crescut de două ori și jumătate, numărul cinematografelor de patru ori, iar radioul și televiziunea pătrund din ce în ce mai mult în căminele celor ce muncesc. Nici cînd solii culturii și artei romînești nu au repurtat succese atît de răsunătoare peste hotare. Pe plan științific succesele nu sînt mai mici. Astăzi avem un Institut de fizică atomică modern, numeroase institute de cercetări și numeroase publicații științifice. Numărul cărților tehnico-științifice editate în limba romînă crește în fiecare zi.

Acest ritm de dezvoltare multilaterală nu ar fi fost posibil fără colaborarea frățească a țărilor socialiste în frunte cu Uniunea Sovietică. De aceea la această aniversare jubiliară, manifestăm recunoștința noastră față de marele popor sovietic prieten sincer și devotat al poporului nostru.

Această aniversare constituie nu numai un prilej de trecere în revistă a succeselor obținute ci și un prilej în care oamenii muncii din țara noastră își reafirmă hotărîrea lor neclintită de a munci și pe viitor cu același entuziasm la construcția socialistă pașnică a patriei noastre.

Amortizarea armonicelor de ordin 3 la transformatoarele trifazate

VASILE CORLĂŢEANU şi GHEORGHE ŞERBAN — Iaşi*)

Inconvenientele pe care le produce armonica 3 produsă în transformatoarele electrice a condus la diverse metode de combatere a acesteia. Studiul acestor metode s-a făcut pînă în prezent în mod principial, în afară de studiul teoretic făcut de M. Vidmar a cărui metodă de calcul a înfăşurării amortizoare nu a fost verificată pe un număr suficient de transformatoare. Autorii continuă studiul lui Vidmar ajungînd la unele concluzii interesante.

CZ 621.314.2.018.3.

Dacă se aplică o tensiune sinusoidală la bornele unei bobine cu miez de fier, curentul magnetizant care va parcurge înfăşurarea va diferi cu atît mai mult de forma sinusoidală, cu cît saturaţia circuitului magnetic este mai mare. Curba curentului se poate descompune într-o undă de frecvenţă fundamentală şi o serie de armonice impare de ordin superior. În fig. 1 se dă descompunerea în armonice pînă la ordinul 5 a curentului magnetizant al unei bobine cu miez de fier, alimentată la tensiune sinusoidală. În funcţionarea transformatoarelor, de obicei interesează armonicele de ordinul 3, 5 şi 7 care, în procente din fundamentală reprezintă o valoare relativ mare. În fig. 2 s-a reprezentat procentual faţă de armonica fundamentală, valorile armonicelor 3 şi 5 în funcţie de valoarea inducţiei în miezul de fier. Se constată că la creşterea inducţiei în fier, valoarea procentuală a armonicelor superioare în raport cu fundamentala creşte pînă la o anumită limită, aşa cum de altfel arată M. Vidmar [1].

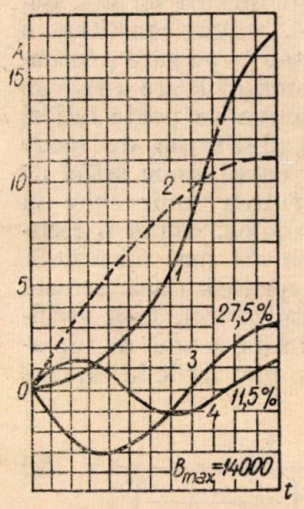


Fig. 1. Descompunerea în armonice a unui curent magnetizant:
1 — curentul magnetizant; *2* — armonica 1 (fudamentală); *3* — armonica de ordinul 3; *4* — armonica de ordinul 5.

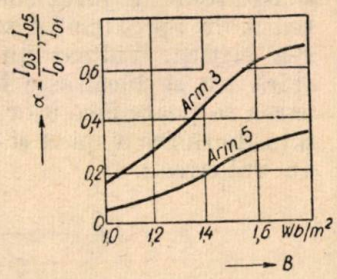


Fig. 2. Valoarea relativă a armonicelor 3 şi 5 faţă de fundamentală, în funcţie de inducţie.

În cele ce urmează ne vom preocupa în special de efectele şi procedeele de amortizare ale armonicelor de ordinul 3 şi multiplu de 3.

*) Dr. Ing. V. Corlăţeanu este profesor la Institutul Politehnic din Iaşi. Ing. Gh Şerban este lector la Institutul Politehnic din Iaşi.

1. Funcţionarea la gol

În funcţionarea simetrică a unui transformator trifazat cu conexiunea înfăşurărilor Y*y*, armonicele 3 ale curentului din cele trei faze formează un sistem homopolar şi dă naştere unui sistem homopolar de f.m.m. Dacă primarul transformatorului este montat în triunghi, curenţii de armonică 3 se închid prin înfăşurările primarului constituind astfel un curent de circulaţie. Cînd primarul transformatorului este montat în stea cu fir neutru, curenţii de armonică 3 au posibilitatea de a se închide prin acest fir; dacă primarul este fără fir neutru, curentul de armonică 3 nu poate circula şi prin urmare curentul magnetizant va fi lipsit de armonica 3. Lipsa aceasta face să apară armonica 3 în curba fluxului şi prin urmare vom regăsi în f.e.m. şi tensiunile circuitelor primar şi secundar.

Armonicele 3 ale fluxului sînt de asemenea homopolare; ele se închid la transformatoarele cu fluxuri libere prin coloanele nebobinate, iar la cele cu fluxuri forţate, formează un flux de scăpări care se închide prin aer, prin buloane, piese de strîngere şi cuvă.

Fluxul de armonică 3 este cu mult mai mare la transformatoarele cu fluxuri libere din cauză că întîmpină o reluctanţă mai mică.

Prezenţa armonicii 3 dă loc la următoarele inconveniente:

a) Armonica 3 din curba curentului va duce la creşterea încălzirii înfăşurărilor şi la perturbaţii în liniile telegrafice şi telefonice învecinate; aceste perturbaţii constituie o particularitate a armonicelor de ordinul 3 şi multiplu de 3, care formează un sistem homopolar, spre deosebire de celelalte armonice care formează sisteme trifazate.

b) Armonica 3 în tensiune va mări pierderile în miezul de fier, buloane şi cuvă; izolaţia va fi supusă la solicitări mai mari. Cînd circuitul secundar are fir neutru se vor produce curenţi de frecvenţă triplă, care pot da naştere la supratensiuni prin fenomene de rezonanţă.

Printre primii care s-au ocupat de studiul armonicii 3 la transformatoare sînt: Maurice Joly [2] şi R. Swingédauw [3]. Cu ameliorarea inconvenientelor provenite din armonica 3 s-au ocupat: Arthur Mandl [4] şi H. Pistoye [5].

M. Vidmar [6] face un studiu teoretic şi un calcul al înfăşurărilor terţiare necesare amortizării armonicii 3 din flux. El prezintă de fapt

o sinteză a tuturor cercetărilor anterioare şi de la el pînă la unele studii făcute recent de noi [7, 8, 9, 10], nu s-a făcut nici un progres mai important.

Mijloacele de combatere a inconvenientelor produse de armonica 3 propuse în literatura tehnică de specialitate sînt următoarele:

a) O echilibrare cît mai bună a încărcărilor pe faze.

b) Întrebuinţarea a trei transformatoare monofazate în locul unuia trifazat, în special pentru puterile mari.

c) Întrebuinţarea montajului în triunghi la cel puţin una din înfăşurările transformatorului.

d) De a nu reuni punctele neutre ale consumatorilor la neutrul transformatorului de alimentare.

e) Întrebuinţarea transformatoarelor cu circuitul magnetic puţin saturat.

f) Utilizarea unei a treia înfăşurări, numită terţiară, montată în triunghi şi care serveşte numai la amortizarea armonicelor 3.

g) Întrebuinţarea uneia sau mai multor spire amortizoare ce înconjoară coloanele transformatorului.

Pînă în prezent ameliorarea armonicii 3 s-a studiat în mod principial, de cele mai multe ori fără o verificare experimentală satisfăcătoare.

M. Vidmar este singurul care face un studiu teoretic şi ajunge să dea o metodă de calcul al înfăşurării amortizoare, calcul ce nu a fost verificat pe un număr suficient de transformatoare.

Din această cauză noi am studiat armonica 3 la transformatoarele cu fluxuri libere şi cu fluxuri forţate în trei regimuri de funcţionare: la mers în gol, la încărcare simetrică şi la încărcare nesimetrică [7, 8, 9, 10]. În aceste condiţii de funcţionare s-au analizat toate cele şapte metode de ameliorare a armonicii 3 ajungîndu-se la unele concluzii utile în vederea stabilirii care metodă este mai eficace şi mai convenabilă din punct de vedere economic.

În cele ce urmează vom prezenta o metodă de calcul a unei spire de amortizare pentru un transformator încărcat simetric; această metodă reprezintă de fapt o generalizare a metodei date de M. Vidmar [6].

După cum s-a mai spus, fluxul de armonică 3 la transformatoarele cu fluxuri forţate şi fără fir neutru la primar se închide prin aer sau prin diverse piese feromagnetice. Din cauza traiectului lung, pe care liniile de forţă îl parcurg prin aer, reluctanţa pe care o opune acestui flux o coloană a unui transformator trifazat cu fluxuri forţate este constantă şi are, după Vidmar, valoarea:

$$R \cong \frac{1}{3d} \qquad (1)$$

unde d este diametrul unei coloane a transformatorului, în cm.

Pentru un circuit magnetic, a cărui curbă de magnetizare este dată, se poate determina raportul α între amplitudinea armonicei 3 a curentului magnetizant şi cea a fundamentalei, corespunzător la diferite valori ale inducţiei maxime.

Numărul de amperspire As_3 care produce armonica 3 din flux, se calculează înmulţind cu α amperspirele pe fază în funcţionarea la gol a transformatorului.

Plecînd de la aceste date, Vidmar calculează rezistenţa critică a unei spire în scurtcircuit, aşezată în jurul coloanelor transformatorului. Rezistenţa critică este aceea la care corespund pierderi electrice maxime în spiră.

La transformatoarele cu fluxuri forţate, aşezate într-o cuvă cu ulei, cuva constituie o astfel de spiră; dacă rezistenţa pe care o întîmpină în ea, curentul de armonică 3 are o valoare apropiată de cea critică, cuva se poate încălzi inadmisibil, micşorînd posibilităţile de răcire ale transformatorului. În cazul unor astfel de cuve se recomandă construirea unor spire în scurtcircuit în jurul coloanelor, avînd o rezistenţă de aproximativ zece ori mai mică decît cea critică. Vidmar nu verifică dacă această spiră nu se încălzeşte inadmisibil, însă verificarea se poate face uşor ţinînd seamă de suprafaţa de răcire a spirei şi de pierderile în ea, care au valoarea:

$$p = As_3^2 \frac{\xi r_c}{1 + \xi^2 r_c^2 \left(\frac{R}{72.f.10^{-8}} \right)^2} \qquad (2)$$

în care:

r_c este rezistenţa critică;
ξ — raportul dintre rezistenţa spirei în scurtcircuit şi rezistenţa critică;
f — frecvenţa curenţilor de alimentare a transformatorului.

Relaţia (2) nu ne dă nici o indicaţie asupra măsurii în care armonica 3 a tensiunii este amortizată.

Dacă secundarul transformatorului are fir neutru, armonica 3 din tensiunea secundară poate deveni periculoasă în special în cazul încărcărilor capacitive, cînd caracteristicile circuitului sînt apropiate de condiţiile de rezonanţă pentru această armonică.

Se pune deci problema în ce măsură spira în scurtcircuit amortizează armonica 3 a fluxului şi a f.e.m. şi problema inversă: ce secţiune trebuie să aibă o spiră amortizoare pentru a micşora armonica 3 a fluxului de m ori.

Pentru a trata această problemă, trasăm diagrama de funcţionare a transformatorului în ce priveşte armonica 3.

Luăm ca origine de fază direcţia fluxului de armonică 3, Φ_3 (fig. 3). F.e.m. E_3 indusă de fluxul Φ_3 în spira în scurtcircuit este decalată cu 90° în urma fluxului şi o reprezentăm în $\overline{OD}$.

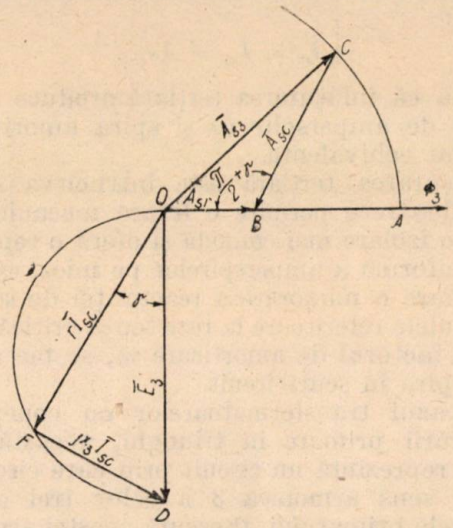


Fig. 3. Diagrama armonicii 3 a amperspirelor şi a tensiunilor pentru înfăşurarea de amortizare.

În absenţa spirei amortizoare, armonica 3a f.m.m. As_3 va fi în fază cu Φ_3 şi are valoarea :

$$\overline{OA} = As_3 = \frac{10}{4\pi\sqrt{2}} \cdot \frac{R}{3} \Phi_{03} \qquad (3)$$

Φ_{03} fiind valoarea maximă a fluxului de armonică 3, cînd spira amortizoare este în circuit deschis.

În cazul general armonica 3 a f.e.m. va fi :

$$E_3 = 4{,}44.3f \cdot \Phi_3 \cdot 10^{-8}. \qquad (4)$$

În cazul cînd spira de amortizare este în circuit deschis, f.e.m. produsă în spiră va fi :

$$E_{03} = 4{,}44.3f \cdot \Phi_{03} \cdot 10^{-8}. \qquad (5)$$

Folosind relaţia (3) se obţine :

$$E_{03} = 7{,}2 \cdot \pi^2 \cdot 10^{-8} \frac{f As_3}{R}. \qquad (6)$$

Dacă vrem ca spira amortizoare să reducă fluxul Φ_3 la valoarea Φ_{03}/m, aceasta înseamnă că amperspirele rezultante $As_r = \frac{As_3}{m}$, iar f.e.m. în spira amortizoare devine $E_3 = E_{03}/m$. Această f.e.m. dă naştere în spira amortizoare unui curent I_{sc}. Defazajul γ al lui I_{sc} faţă de E_3 este determinat de rezistenţa r şi de reactanţa x_3 a spirei la frecvenţă triplă :

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{x_3}{r}. \qquad (7)$$

Vîrful F al unghiului drept din triunghiul OFD al căderilor de tensiune din spiră se află pe un cerc avînd ca diametru pe E_3. Între amperspire există următoarea relaţie vectorială :

$$\overline{As_3} + \overline{As_c} = \overline{As_r} \qquad (8)$$

reprezentată prin triunghiul OBC (fig. 3), în care As_c reprezintă amperspirele produse de curentul I_{sc} din spira amortizoare. As_c şi I_{sc} sînt în fază. Amperspirele As_r sînt în fază cu fluxul Φ_3.

În ipoteza că tensiunea de la bornele primarului transformatorului este constantă, As_3 are valoare constantă şi deci extremitatea C a vectorului As_3 descrie un cerc. Unghiul B din triunghiul amperspirelor are valoarea $\pi/2 + \gamma$. Din diagramă putem deduce valoarea lui As_c.

$$As_c = \frac{As_3}{m} \cos\left(\frac{\pi}{2} + \gamma\right) \pm$$

$$\pm \sqrt{As_3^2 - \frac{As_3^2}{m^2} \sin^2\left(\frac{\pi}{2} + \gamma\right)}. \qquad (9)$$

Înlocuind valorile liniilor trigonometrice în funcţie de tangentă şi folosind relaţia (7) ajungem la următoarea expresie :

$$As_c = \frac{As_3}{\sqrt{r^2 + x_3^2}} \left[\sqrt{(m^2 - 1) r^2 + m^2 x_3^2} - x_3\right]. \qquad (10)$$

Curentul de scurtcircuit are valoarea :

$$I_{sc} = \frac{E_{03}}{m} \frac{1}{\sqrt{r^2 + x_3^2}}. \qquad (11)$$

Întrucît avem o singură spiră amortizoare rezultă că $I_{sc} = As_c$ şi deci din relaţia (10) şi (11) scoatem valoarea rezistenţei spirei amortizoare :

$$r = \frac{1}{As_3} \sqrt{\frac{(E_{03} + As_3 x_3)^2 - m^2 As_3^2 x_3^2}{m^2 - 1}}. \qquad (12)$$

Cunoscînd din considerente constructive lungimea spirei şi avînd valoarea rezistenţei se poate determina secţiunea, pe care o putem verifica la densitatea de curent admisibilă.

Relaţia (12) ne permite să rezolvăm şi problema inversă, adică de a determina la un transformator construit valoarea raportului m care arată de cîte ori a devenit mai mică armonica 3 din flux, faţă de cazul cînd nu am avea spiră amortizoare :

$$m = \frac{1}{As_3} \sqrt{\frac{(E_{03} + As_3 x_3)^2 + r^2 As_3^2}{r^2 + x_3^2}}. \qquad (13)$$

Pierderile în spiră au ca valoare :

$$p = r I_{sc}^2 = \frac{r As_3^2 E_{03}^2}{(E_{03} + As_3 x_3)^2 + r^2 As_3^2}. \qquad (14)$$

Pierderile au valoarea maximă cînd derivata expresiei (14) în raport cu r se anulează.

Valoarea rezistenţei pentru care se anulează derivata pierderilor o numim rezistenţă critică şi are următoarea expresie:

$$r_c = \frac{E_{03} + As_3 x_3}{As_3} \quad (15)$$

Valoarea maximă a pierderilor este:

$$p_{max} = r_c I_{sc}^2 = \frac{As_3 E_{03}^2}{2(E_{03} + x_3 As_3)} . \quad (16)$$

În cazul cînd x_3 este neglijabil faţă de rezistenţa spirei amortizoare regăsim expresia pierderilor maxime dată de Vidmar [6].

Dacă p_{max} are valori inadmisibile, dimensionarea spirei se face fixînd raportul:

$$n = \frac{p_{max}}{p} , \quad (17)$$

între pierderile maxime şi pierderile p care pot fi admise în spira amortizoare. În acest caz, rezistenţa spirei amortizoare se deduce folosind relaţiile (14), (15), (16), (17):

$$r = r_c (n + \sqrt{n^2 - 1}) . \quad (18)$$

Din cele două valori ale rezistenţei se va realiza practic aceea care corespunde valorii mai mici, ceea ce va face să crească curentul I_{sc} şi deci se realizează o amortizare mai perfectă.

Din punct de vedere practic, spira calculată poate fi construită ca o spiră unică, sau poate fi divizată în mai multe spire independente a căror secţiune să totalizeze secţiunea calculată. Aceste spire se repartizează pe coloane la distanţe egale. Sistemul este mai avantajos decît spira unică, atît din motive de răcire, cît şi pentru o repartiţie mai uniformă a amperspirelor pe miez.

Un alt sistem utilizat în acelaşi scop este înfăşurarea terţiară.

Să facem o comparaţie între spira amortizoare şi înfăşurarea terţiară. Spirele înfăşurării terţiare înconjoară cîte o singură coloană, deci lungimea lor este de aproximativ trei ori mai mică decît lungimea spirei amortizoare şi sînt parcurse de 1/3 Φ_3. Dacă pe un miez sînt n_3, spire, în ele se induce o f.e.m.

$$E_3' = \frac{n_3}{3} E_3$$

iar pentru întreaga înfăşurare terţiară, $3E_3' = n_3 E_3$.

Ca să avem aceeaşi cantitate de cupru în spira amortizoare şi în înfăşurarea terţiară, secţiunea conductoarelor acesteia din urmă trebuie să fie s/n_3, în care s este secţiunea spirei amortizoare. Impedanţa înfăşurării terţiare va fi $n_3^2 z$, unde z este impedanţa spirei amortizoare unice.

Curentul în înfăşurarea terţiară va fi:

$$I_{sc}' = \frac{n_3 E_3}{n_3^2 z} = \frac{I_{sc}}{n_3} . \quad (19)$$

Amperspirele produse de înfăşurarea terţiară vor fi:

$$n_3 i_{sc}' = I_{sc} = As_c . \quad (20)$$

Rezultă că înfăşurarea terţiară produce acelaşi număr de amperspire ca şi spira amortizoare, deci sînt echivalente.

Înfăşurarea terţiară este întrucîtva superioară, deoarece permite o fixare mecanică mai bună, o izolare mai comodă şi oferă o repartiţie mai uniformă a amperspirelor pe miez, care are ca urmare o micşorare a reactanţei de scăpări.

Calculele referitoare la rezistenţa critică, pierderi şi factorul de amortizare m, se fac analog ca la spira în scurtcircuit.

În cazul transformatoarelor cu conexiunea înfăşurării primare în triunghi, această înfăşurare reprezintă un circuit prin care circulă în acelaşi sens armonica 3 a celor trei curenţi din fazele primarului. Prezenţa acestei armonice în curent, face ca fluxul şi deci f.e.m. primară şi secundară să se apropie de forma sinusoidală, prin urmare, dispar toate inconvenientele care apăreau la conexiunea Yy.

La transformatoarele cu conexiunea Yy fără fir neutru la primar, curentul de funcţionare la gol nu conţine armonica 3 şi din această cauză curba fluxului se aplatizează. În flux apare armonica de ordinul 3, care se induce şi în f.e.m. primară şi secundară. Armonicele 3 ale f.e.m. secundare, constituind un sistem homopolar, se adună algebric şi produc în triunghiul secundar curenţi de circulaţie de frecvenţă triplă. Aceşti curenţi produc o f.e.m. care amortizează armonica 3 a fluxului. Astfel se produce amortizarea armonicelor de ordinul 3 din curba fluxului şi f.e.m.

2. Funcţionarea la încărcare

În funcţionarea la încărcare simetrică a unui transformator trifazat cu montaj Yy, curentul primar rezultă prin compunerea curentului de funcţionare la gol, cu curentul secundar raportat la primar. Armonicele existente în curentul de funcţionare la gol persistă la aceeaşi valoare, însă, raportate la valoarea curentului primar ele reprezintă o fracţiune mai mică.

În funcţionarea nesimetrică există posibilitatea apariţiei unei disimetrii a fluxurilor magnetice. Sistemul trifazat nesimetric de fluxuri se poate descompune în componente simetrice: directă, inversă şi homopolară. În timp ce f.e.m. induse în terţiar de fluxul direct şi cel invers au pentru cele trei faze rezultanta egală cu zero, fluxul homopolar induce în terţiar f.e.m. a căror rezultantă este de trei ori mai mare decît componenta homopolară a f.e.m. dintr-o fază.

Cauzele care produc fluxul homopolar sînt:

A. Existenţa unui curent homopolar în secundar, cînd montajul nu are fir neutru la primar. Rezultă pe miez un număr de amperspire homopolare As_h care dau naştere fluxului homopolar $\Phi'_h = \frac{As_h}{R}$ de frecvenţă fundamentală.

La montajele fără fir neutru la secundar nu se produc amperspire homopolare în secundar; la montajul Y_0y_0 cu neutru la primar şi secundar, disimetria de încărcare din secundar se transmite în primar şi astfel amperspirele homopolare din secundar sînt compensate de cele din primar.

B. Existenţa unei componente homopolare în tensiunile primare ale transformatorului. Aceasta poate proveni din mai multe cauze:

a) Disimetrii constructive ale transformatorului ca: inegalitatea impedanţelor sau a numărului de spire pe fazele înfăşurării primare, sau inegalitatea reluctanţei coloanelor. Aceste cauze apar la transformatoarele fără fir neutru la primar. Inegalitatea numărului de spire pe fază la primar, dă naştere la un flux homopolar şi la montajul cu fir neutru la primar.

b) Alimentarea primarului cu un sistem de tensiuni ce conţine o componentă homopolară, provenită din f.e.m. ale alternatorului, sau cauzată de căderile de tensiune produse în alternator de curenţii homopolari. Ultima cauză de deformare a tensiunii se manifestă mai puternic cînd puterea nominală a transformatorului şi cea a alternatorului care îl alimentează au valori apropiate.

Dacă un astfel de transformator are montajul Y_0y_0, disimetriile sarcinii din secundar se transmit în primar. Căderile de tensiune pe fazele alternatorului au valori inegale şi conţin componente homopolare. Deplasarea punctului neutru al alternatorului, produsă de aceste componente se transmite la primarul transformatorului prin firul neutru.

Este necesar să subliniem că faţă de fluxul produs de cauzele de la punctul A bobinarea terţiară se comportă diferit decît faţă de fluxul produs de cauzele de la punctul B.

În funcţionarea unui transformator trifazat, cauza de la punctul A va produce un număr de amperspire proporţional cu curentul de pe neutrul secundar. Pentru o valoare dată a acestui curent, valoarea eficace a amperspirelor homopolare din secundar rămîne constantă indiferent dacă terţiarul este cuplat sau nu. Prin miezul transformatorului şi prin aer se închide un flux homopolar; cînd terţiarul este cuplat, în el se induc f.e.m. şi curenţi care dau o f.e.m. opusă amperspirelor homopolare din secundar şi astfel fluxul homopolar este amortizat, analog cu fluxul de ordin multiplu de 3.

Dacă notăm cu R reluctanţa drumului parcurs prin aer de fluxul homopolar Φ'_h al unei coloane, cu f frecvenţa tensiunii de alimentare, cu I_{20} curentul pe firul neutru din secundar şi cu n_2 numărul de spire pe fază la secundar, atunci valoarea maximă a fluxului homopolar, în funcţionarea fără terţiar, este:

$$\Phi'_{h0} = \frac{4\pi\sqrt{2}}{10} \cdot \frac{n_2 I_{20}}{3R} \tag{21}$$

iar f.e.m. terţiară

$$E'_{h0} = \pi\sqrt{2} n_3 f \Phi'_{h0} \cdot 10^{-8} = \frac{8\pi^2 10^{-8}}{30} \cdot \frac{n_2 n_3 f I_{20}}{R}. \tag{22}$$

Dacă r este rezistenţa şi x_1 reactanţa de dispersie la frecvenţa f pentru o fază a terţiarului în funcţionarea unui transformator cu terţiarul cuplat, fluxul Φ'_{h0} va fi micşorat de m_h ori, unde:

$$m_h = \frac{1}{n_2 I_{20}} \sqrt{\frac{(3n_3 E'_{h0} + n_2 I_{20} x_1)^2 + r^2 n^2 I_{20}^2}{r^2 + x_1^2}}. \tag{23}$$

F.e.m. E'_h în terţiarul închis are valoarea:

$$E'_h = \frac{E'_{h0}}{m_h}, \tag{24}$$

iar curentul în terţiar

$$I'_h = \frac{E'_h}{\sqrt{r^2 + x_1^2}}. \tag{25}$$

Cauzele de la punctul B necesită ca, independent de valorile curenţilor din primar şi terţiar, f.e.m. primară a transformatorului să conţină o componentă homopolară egală cu componenta homopolară a tensiunii primare. Pentru aceasta miezul transformatorului este parcurs de un flux homopolar Φ''_h care induce în terţiar o f.e.m.

$$E''_h = \pi\sqrt{2} n_3 f \Phi''_h$$

şi un curent

$$I''_h = \frac{E''_h}{\sqrt{r^2 + x_1^2}}.$$

Curentul I''_h nu amortizează fluxul Φ''_h, produs de cauzele de la punctul B, însă măreşte inutil curentul în primar, deoarece pentru acest flux terţiarul constituie un secundar în scurtcircuit. Rezultă că în prezenţa fluxului Φ''_h terţiarul nu numai că nu aduce nici o ameliorare, dar prezintă inconveniente grave, mai ales dacă Φ''_h are o valoare mai importantă; se produc pierderi mari în terţiar $(3rI''^2_h)$ şi o încălzire puternică a lui; cresc pierderile în înfăşurarea primară, în linie şi în alternatorul ce alimentează transformatorul; cuva transformatoarelor în ulei, dotate sau nedotate cu bobinare terţiară este sediul aceluiaşi fenomen ca şi terţiarul. Evident, va creşte încălzirea tuturor

elementelor instalaţiei în care pierderile au crescut.

Se impune deci, ca ori de cîte ori se recurge la un transformator cu înfăşurare terţiară, să ne asigurăm mai întîi că au fost înlăturate sau reduse la o valoare neglijabilă toate cauzele de la punctul B.

Cu această condiţie, valoarea eficace a curentului terţiar va fi:

$$I = \sqrt{I_h'^2 + I_3^2}$$

iar pierderile în terţiar au valoarea:

$$p = p_h + p_3 = 3\,(rI_h'^2 + rI_3^2).$$

Pentru p_h şi p_3 se poate calcula valoarea rezistenţei r la care pierderile sînt maxime. Printr-un raţionament analog cu cel dat în [7] se pot calcula şi reprezenta grafic valorile pierderilor p_h şi p_3 în funcţie de rezistenţa r şi se poate alege o astfel de valoare a rezistenţei terţiarului ce trebuie construit, încît pierderile totale p din terţiar să fie reduse la valoarea dorită.

Cînd rezistenţa r este cunoscută, coeficienţii de amortizare m şi m_h pot fi determinaţi independent unul de altul printr-o relaţie analogă cu cea dată în [7].

În general, normele recomandă să nu se folosească transformatoare cu montajul Yy_0 decît atunci cînd încărcarea neutrului secundar nu depăşeşte 10% din valoarea nominală a curentului secundar. Din acest motiv, calculul terţiarului la transformatoarele cu fluxuri forţate se va face pentru această valoare maximă a curentului pe neutru.

Calculul rezistenţei mecanice a terţiarului se va face la eforturile electrodinamice pe care le suferă bobinarea atunci cînd o fază a secundarului este scurtcircuitată direct la neutru.

3. Încercări experimentale

Pentru a pune în evidenţă prezenţa şi importanţa armonicii 3 în diferite situaţii de funcţionare a transformatoarelor cu montaj Yy, precum şi influenţa dispozitivelor de amortizare asupra acestei armonice, s-a utilizat schema experimentală din fig. 4.

Ca transformator cu fluxuri forţate, în încercările experimentale s-a folosit un transformator trifazat cu trei coloane, avînd următoarele caracteristici:

$$P = 10{,}5 \text{ kVA};\ U = 225/675 \text{ V};\ f = 50 \text{ Hz}.$$

Dimensiunile constructive ale transformatorului sînt: secţiunea coloanei 6,5 × 6 cm²; înălţimea coloanei 28 cm; dimensiunile culasei: 5 × 6,5 × 40 cm³; dimensiunile ferestrei 11 × 28 cm²; numărul de spire pe fază: primar: două înfăşurări a cîte 95 de spire fiecare; secundar 540 spire; secţiunile conductoarelor: primar 12,9 mm²; secundar 3,1 mm²; terţiar 12,9 mm².

Ca transformator trifazat cu fluxuri libere s-au folosit trei transformatoare monofazate,

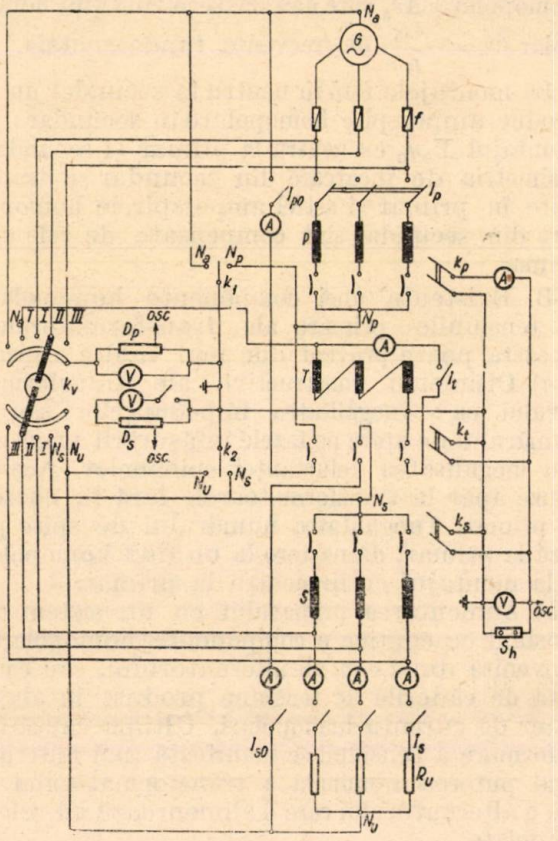


Fig. 4. Schema experimentală pentru punerea în evidenţă a armonicelor de ordin superior.

cu caracteristici apropiate, montate în trifazat. Datele nominale ale fiecărui transformator sînt următoarele:

$$P = 1{,}5 \text{ kVA},\ U = 220/2 \times 55 \text{ V},\ f = 50 \text{ Hz}.$$

Dimensiunile constructive ale fiecărui transformator sînt următoarele: secţiunea coloanei 6 × 4 cm², secţiunea culasei 6 × 3,6 cm²; dimensiunile ferestrei 12,8 × 4 cm²; diametrul conductoarelor: primar 1,4 mm; secundar două conductoare în paralel a 1,4 mm diametru.

Datele nominale ale alternatorului trifazat sînt: 10 kVA, 600/350 V, 9,6 A, 1500 rot/min, 50 Hz.

Înfăşurările primare P ale transformatorului au fost legate în stea şi sînt alimentate, printr-un întrerupător I_p şi fuzibilele f, de la un alternator G, a cărui tensiune de formă trapezoidală (fig. 5) conţine armonica 3, sau de la o reţea trifazată, avînd tensiunea practic sinusoidală.

Compararea rezultatelor obţinute cu cele două moduri de alimentare permite să constatăm efectul armonicelor provenite din tensiunea aplicată primarului.

Înfăşurările secundare S sînt de asemenea cuplate în stea şi prin întrerupătoarele I_s sînt legate la trei rezistenţe de utilizare R_u montate în stea. Neutrul N_a al alternatorului este legat printr-un întrerupător I_{po} şi un ampermetru

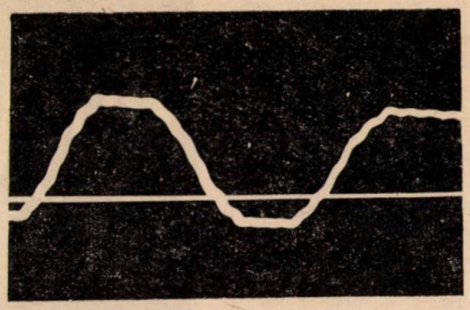


Fig. 5. Oscilograma tensiunii de alimentare, furnizată de alternator.

la neutrul înfăşurării primare a transformatorului. Un montaj analog este folosit şi pentru circuitul secundar S. Înfăşurarea terţiară este legată în triunghi, printr-un întrerupător I_t şi un ampermetru. Una din cele două înfăşurări de 55 V s-a folosit ca secundar, iar cealaltă ca terţiar.

În încercările experimentale s-au folosit osciloграfe catodice cu simplu şi cu dublu echipaj.

Pentru a obţine oscilogramele curenţilor s-au folosit trei comutatoare K_p, K_s, K_t, care permit introducerea unui ampermetru în circuitul primar şi a unui şunt S_h în circuitele primar, secundar, terţiar sau pe firele neutre.

De la bornele şuntului s-au dus legături la oscilograf. Tensiunile pentru oscilograf s-au luat de la divizoarele de tensiune D_p şi D_s. Divizorul D_p a fost fixat pe poziţia 1 :10, iar D_s la poziţia 1 :2. Comutatorul K_1 permite ca tensiunile stelate primare să fie măsurate sau faţă de neutrul N_p al transformatorului, sau faţă de neutrul N_a al alternatorului. Comutatorul K_2 comută o extremitate a divizorului fie la neutrul N_u al reostatului de utilizare, fie la neutrul N_s al secundarului. Comutatorul K_v comută cealaltă extremitate a divizoarelor de tensiune pe cîte o fază, pe terţiar, sau la punctele neutre. În paralel cu divizoarele de tensiune s-a legat cîte un voltmetru, pentru măsura tensiunii.

În lucrările anterioare [7,8,9,10], s-au ridicat numeroase oscilograme, în condiţiile cele mai variate. În cele ce urmează redăm numai o parte din ele legate de principalele concluzii obţinute.

Dăm mai întîi cîteva oscilograme referitoare la transformatoarele cu fluxuri forţate.

În fig.6 dăm tensiunea şi curentul pe o fază din primarul transformatorului, în funcţionarea la gol, cu alimentare de la alternator; curba de formă aproximativ trapezoidală reprezintă tensiunea. Fig.6,*a* corespunde schemei fără fir neutru, iar fig.6,*b* schemei cu fir neutru în circuitul primar. Este evident că armonica 3 din tensiuni poate apare nu numai din cauza saturaţiei circuitului magnetic, ci în cazul montajului

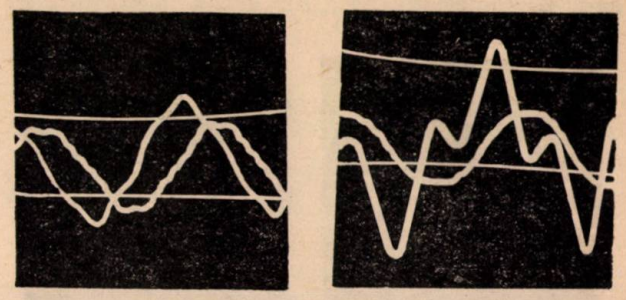


Fig. 6. Oscilograma tensiunii şi curentului de pe o fază din primar în funcţionarea la gol :
a — montaj Yv; *b* — montaj Y_0v

cu fir neutru în circuitul primar, poate proveni din tensiunea sursei de alimentare. De asemenea, în tensiunea primară pot apare unele armonice chiar cînd ele nu există în f.e.m. produsă de alternator, ceea ce se explică prin căderile de tensiune produse în alternator de armonicele curentului magnetizant. Armonicele 3 de curent şi de tensiune provenite de la alternator pot atinge valori mai importante decît cele cauzate de saturaţia transformatorului, atunci cînd alternatorul şi transformatorul sînt de puteri apropiate.

În fig.7 dăm tensiunea şi curentul primar pe o fază a transformatorului; oscilograma din

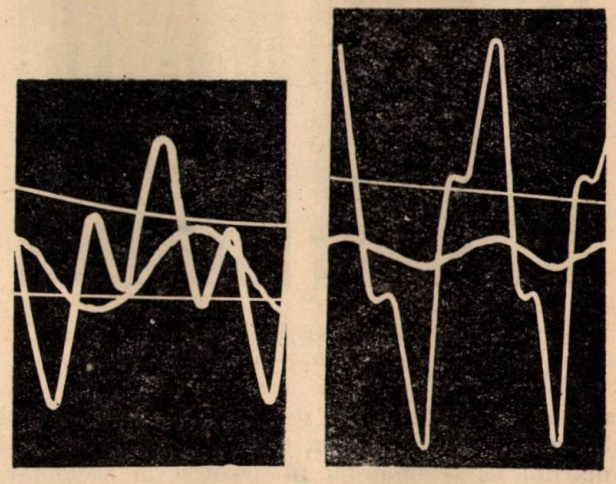


Fig. 7. Oscilograma tensiunii şi curentului pe fază :
a — montaj Y_0v cu terţiar, funcţionare la gol; *b* — montaj Y_0v_0 cu terţiar la încărcarea nesimetrică.

fig.7,*a* este scoasă în funcţionarea la gol a montajului cu fir neutru la primar şi cu terţiar. Dacă comparăm fig.7,*a* cu fig.6,*b* observăm că atunci cînd în primar există fir neutru, prezenţa terţiarului atenuează armonica 3 din

tensiunile stelate primară şi secundară. La încărcare, o astfel de atenuare se produce şi în curenţii secundari. Din cauză că armonica 3 există în tensiunea sursei de alimentare, armonica 3 din curentul primar se întăreşte, atît în funcţionarea la gol, cît şi la încărcare simetrică sau nesimetrică (fig. 7,*b*). Dacă tensiunea de

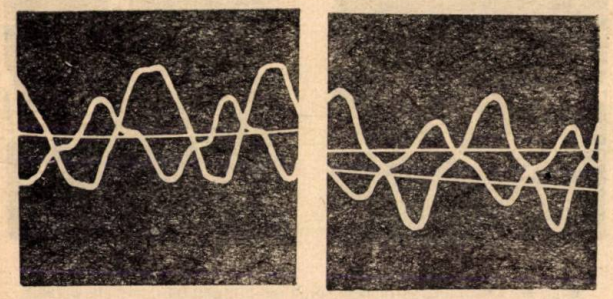


Fig. 8. Tensiunea şi curentul secundar în sarcină : *a* – montaj Y_0y; *b* – montaj Y_0y_0.

alimentare ar fi sinusoidală, armonica 3 a curentului primar ar trebui să scadă în prezenţa terţiarului. Experimental s-a remarcat că în absenţa neutrului primar, atît la gol, cît şi în sarcină simetrică sau nesimetrică, cuplarea terţiarului nu influenţează forma curbelor de tensiune.

Pentru a pune în evidenţă efectul cuplării neutrului secundar, dăm în fig. 8,*a* tensiunea secundară pe fază (faţă de neutrul transformatorului) şi curentul secundar la schema fără fir neutru la secundar, iar în fig.8,*b*, aceleaşi mărimi la schema cu fir neutru în secundar. Curbele de amplitudine mai mică reprezintă tensiunea. Din comparaţia acestor două figuri rezultă că în tensiunea pe o fază şi curentul din circuitul de utilizare nu găsim armonica 3 decît cînd neutrul secundar este cuplat. Tensiunea faţă de neutrul utilizării nu a fost prezentată în fig.8,*a*, dar deoarece încărcarea a fost făcută pe rezistenţe, curbele tensiunilor pe fază au aceeaşi formă ca şi curenţii respectivi.

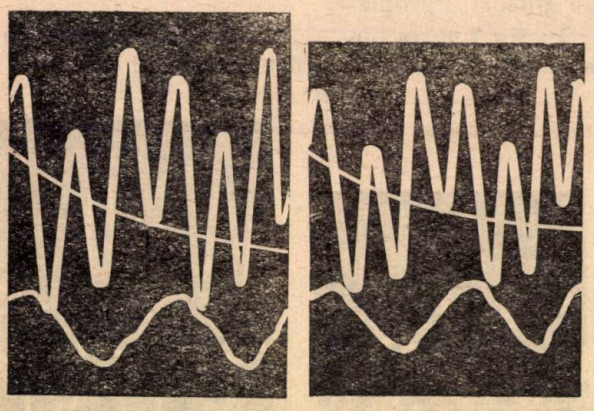


Fig. 9. Curentul terţiar şi tensiunea secundară în sarcină : *a* – montaj Y_0y cu terţiar; *b* – montaj Y_0y_0 cu terţiar.

Cuplarea neutrului secundar, în funcţionarea în sarcină a montajelor cu terţiar, micşorează curentul de armonică 3 din terţiar (fig.9,*a* şi *b*). Acest fapt ne arată că atunci cînd nu este neutru secundar, înfăşurarea terţiară va trebui să fie uşor supradimensionată în raport cu transformatoarele la care reţeaua secundară are fir neutru.

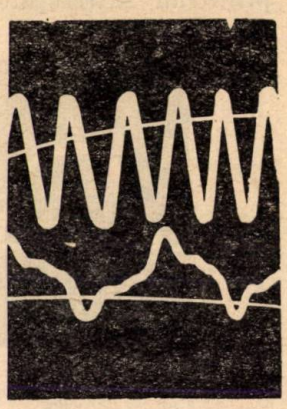


Fig.10. Curentul şi tensiunea din primar pe faza corespunzătoare fazei întrerupte din secundar la montajul Y_0y cu terţiar.

La încărcarea nesimetrică, la aceleaşi transformatoare cu fluxuri forţate, se verifică experimental, prin diversele oscilograme luate, apariţia unei componente homopolare în tensiuni şi efectul de amortizare produs de înfăşurarea terţiară asupra acestei componente.

Din fig. 10 se observă că atunci cînd neutrul primar este cuplat, iar una din fazele secundarului nu este parcursă de curent, pe faza corespunzătoare din primar nu circulă decît curentul de armonică 3.

Prin cuplarea neutrului primar se poate constata accentuarea armonicii de ordinul 3 din

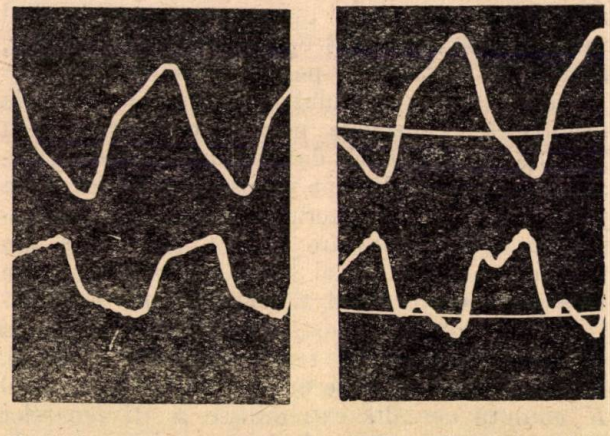


Fig.11. Curentul şi tensiunea secundară la sarcină nesimetrică : *a* – montaj Yy; *b* – montaj Yy_0.

tensiuni, atunci cînd sursa de alimentare conţine astfel de armonici (fig.11,*a* şi *b*).

În cazul transformatoarelor cu fluxuri libere, armonica 3 a fluxului se închide prin fier, nu prin aer ca la transformatoarele cu fluxuri forţate şi de aceea ea atinge valori relative mult mai mari (fig.12,*a*). La transformatoarele cu fluxuri libere, efectul pe care îl produce închiderea terţiarului este de asemenea mai evident (fig.12,*b*).

Cînd tensiunea de alimentare a transformatoarelor conţine armonica 3 se constată că terţiarul are un dublu rol : ca amortizor al armonicii

3 din flux şi tensiune, produsă de saturaţia circuitului magnetic şi ca secundar în scurt-circuit, pentru armonica 3 provenită din ten-

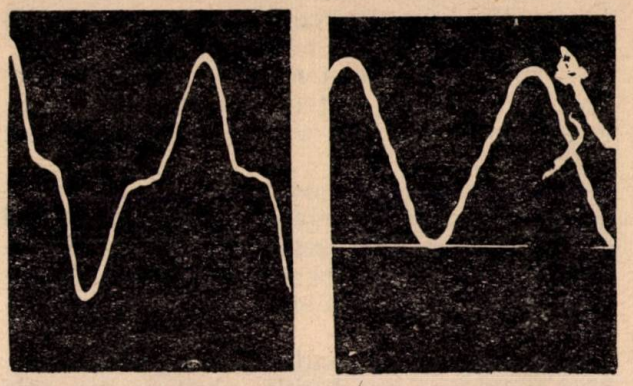


Fig. 12. Tensiunea primară pe fază la transformatorul cu fluxuri libere:
a – la conexiunea Yy; *b* – la conexiunea Yy cu terţiar.

siunea de alimentare. Astfel se explică creşterea curentului de pe neutrul primar, la cuplarea terţiarului, fenomen care nu putea fi explicat prin teoria clasică în care terţiarul are numai un rol de amortizor.

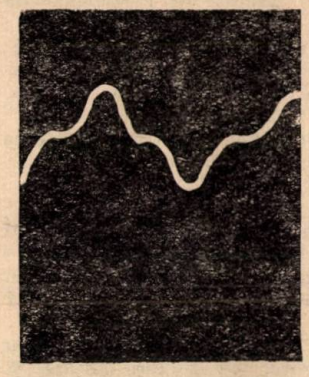


Fig. 13. Tensiunea secundară pe fază la transformatorul cu fluxuri libere cu conexiunea Y_0y.

La funcţionarea în sarcină simetrică a schemei cu neutrul primar cuplat, iar neutrul secundar şi terţiarul necuplate, se constată că atunci cînd tensiunea de alimentare conţine armonica 3, această armonică poate avea, în tensiunea secundară (fig.13), o valoare mai importantă în raport cu fundamentala, decît tensiunea primară (fig. 12,*a*). În această situaţie, cuplarea terţiarului amortizează numai armonica 3 din tensiunea secundară.

Cînd neutrul secundar este cuplat, închiderea terţiarului produce acelaşi efect, pe care îl produce cuplarea neutrului secundar asupra curentului din terţiar la montajul cu terţiarul cuplat.

Mai departe, dăm concluziile obţinute prin încercarea transformatoarelor cu fluxuri libere la încercare nesimetrică (întreruperea unei faze în circuitul secundar).

Cînd neutrul primar nu a fost cuplat şi alimentarea s-a făcut de la un alternator cu tensiunea nesinusoidală, cuplarea terţiarului a produs o puternică amortizare a armonicii 3 din tensiunile primare şi secundare ale transformatoarelor, atît în cazul cînd neutrul secundar nu era cuplat, cît şi în cazul cînd era cuplat. Această constatare este total deosebită de cea făcută la montajul cu fluxuri forţate.

Spre deosebire de cazul transformatoarelor cu fluxuri forţate, la transformatoarele cu fluxuri libere cuplarea neutrului primar amortizează puternic armonica 3 din tensiunile transformatorului la ambele feluri de alimentare. La alimentarea de la reţea tensiunile devin practic sinusoidale (fig.14,*a*).

La montajul cu neutrul primar cuplat, iar neutrul secundar şi terţiarul necuplate, se constată că armonica 3 din tensiunea secundară este procentual mai mare decît în tensiunea primară, fapt constatat şi la încărcarea simetrică.

În alimentarea de la alternator, cînd neutrul primar a fost cuplat, prezenţa terţiarului a întărit armonica 3 din tensiunea pe faza neîncărcată şi a slăbit-o pe fazele încărcate.

Cînd în primar şi secundar firele neutre sînt cuplate, cuplarea terţiarului are o slabă influenţă asupra armonicelor 3 din tensiuni şi curenţi. La montajele cu neutrul secundar necuplat, în curentul secundar apare armonica 3, ceea ce dovedeşte că la încărcarea nesimetrică, această armonică există şi în tensiunea compusă secundară (fig.14,*b*).

Constatările referitoare la dublul efect al terţiarului remarcate în funcţionarea transformatoarelor la încărcarea simetrică sînt verificate şi cu ocazia încărcării nesimetrice. Numai

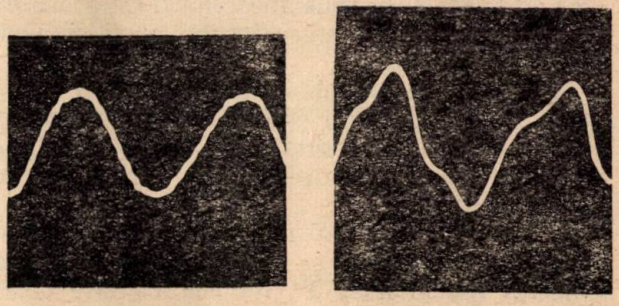


Fig. 14.
a – tensiunea secundară pe fază la încărcare nesimetrică la transformatoarele cu conexiunea Y_0y, alimentată cu tensiune nesinusoidală; *b* – curentul secundar la încărcarea nesimetrică la transformatoarele cu fluxuri libere, cu conexiunea Y_0y_0, în alimentare cu tensiune nesinusoidală.

că, în acest ultim caz terţiarul execută dublul său rol şi asupra componentei homopolare de frecvenţă fundamentală din flux şi tensiuni.

4. Concluzii

a) Se discută pe cale teoretică, cu ajutorul unei diagrame, influenţa pe care o are o spiră amortizoare asupra armonicii 3 din fluxul şi tensiunea unui transformator cu montaj Yy alimentat de la o sursă cu tensiune sinusoidală.

b) Se arată echivalenţa între spira amortizoare şi o înfăşurare terţiară conectată în triunghi.

Relaţiile teoretice obţinute servesc la proiectarea spirei amortizoare şi a înfăşurării terţiare.

c) Se face o discuţie teoretică asupra influenţei terţiarului în cazul cînd transformatorul este alimentat cu tensiunea nesinusoidală, precum şi în cazul cînd fluxul conţine şi o componentă homopolară de frecvenţă fundamentală. Relaţiile teoretice ne dau indicaţii asupra amortizării componentelor homopolare ce apar.

Cu ajutorul schemei experimentale din fig. 4 s-au luat o serie de oscilograme de curenţi şi tensiuni la transformatoarele cu fluxuri forţate şi la cele cu fluxuri libere, în funcţionarea la gol şi la sarcină simetrică şi nesimetrică.

Rezultatele mai importante obţinute sînt date în continuare pe scurt.

d) Firul neutru primar permite închiderea curenţilor de frecvenţă triplă şi în general a componentelor homopolare. În cazul alimentării de la o sursă cu tensiune sinusoidală, prezenţa firului neutru primar face ca fluxul şi tensiunile transformatorului să fie sinusoidale. Dacă sursa furnizează o tensiune nesinusoidală, fluxul şi tensiunile transformatorului cu fir neutru la primar conţin de asemenea armonice de ordinul 3.

Cînd puterea generatorului este de acelaşi ordin de mărime cu puterea transformatorului, căderile de tensiune produse în generator de armonica 3 a fluxului fac ca această armonică să apară şi în tensiunea transformatorului, chiar dacă f.e.m. a generatorului ar fi sinusoidală.

La transformatoarele cu fluxuri libere, armonicele de ordinul 3 şi componenta homopolară de frecvenţă fundamentală, din flux şi tensiune se manifestă mai puternic decît la cele cu fluxuri forţate.

e) În absenţa firului neutru secundar, armonica 3 a curentului şi a tensiunii pe o fază a utilizării (cu montaj Y) nu poate apare decît foarte slab în cazul încărcării nesimetrice. Prezenţa neutrului secundar permite componentelor homopolare şi armonicelor 3 ale curentului să se închidă prin acest fir; în tensiune, armonicele suferă o oarecare amortizare.

f) Înfăşurarea terţiară îndeplineşte un dublu rol:

— amortizează armonica 3 şi componenta homopolară de frecvenţă fundamentală din flux şi tensiune, produsă de saturaţie,

— în cazul cînd tensiunea de alimentare este nesinusoidală, terţiarul funcţionează ca secundar în scurtcircuit şi deci prezenţa lui este defavorabilă.

g) Cînd neutrul secundar este cuplat, închiderea terţiarului produce asupra curentului din neutrul secundar, acelaşi efect pe care îl produce cuplarea neutrului secundar asupra curentului din terţiar, la montajul cu terţiarul cuplat.

h) Oscilogramele confirmă, din punct de vedere calitativ, concluziile obţinute pe cale teoretică.

Bibliografie

[1] *Vidmar M.*: Die Transformatoren, 3. Aufl., Birkhäuser Basel u. Stuttgart, 1956.

[2] *Joly M.*: La Lumiére électrique, t. 14, (1911), p. 195—204.

[3] *Swingedauw R.*: Comptes rendues de l'Académie de Sciences, t. 158, (1914), pp. 113—116 şi 484 — 487; La revue électrique, 21 (1914), pp. 178—179 şi 225.

[4] *Mandl A.*: Die Magnetisierung des Dreiphasentransformators, Elektrotechn. u. Masch.—Bau. 1914, p. 185—189 şi 197—201.

[5] *Pistoye H. de*: Sur. l'harmonique 3 des transformateurs triphasés, Rev. Gén. Électr., t. 9, (1921), p. 557—559.

[6] *Vidmar M.*: Die Transformatoren, 2. Aufl. J. Springer, Berlin, 1925, p. 25—57.

[7] *Corlăţeanu V., Şerban Gh., Vasilciuc M.*: Contribuţii la studiul armonicii 3, la transformatoarele trifazate cu fluxuri forţate şi montaj *Yy* în funcţionare simetrică. Studii şi Cercetări Ştiinţifice, Fizică şi şt. tehn. 7 (1957), 1.

[8] *Corlăţeanu V., Şerban Gh., Vasilciuc M.*: Armonice la transformatoarele trifazate, cu fluxuri forţate şi montaj *Yy* în funcţionarea nesimetrică, Bul. Inst. Politehnic Iaşi, t. I (V), 1955, 1—2, p. 199—211.

[9] *Corlăţeanu V., Şerban Gh., Vasilciuc M., Ştirbu V.* şi *Bergman I.*: Influenţa terţiarului în funcţionarea transformatoarelor cu fluxuri libere şi montaj Y_y, Bul. Inst. Politehnic Iaşi, t. II (VI), 1956, 1—2, p. 273—288.

[10] *Corlăţeanu V., Şerban Gh., Vasilciuc M., Ştirbu V.* şi *Bergman I.*: Rezultate experimentale la funcţionarea nesimetrică a transformatoarelor trifazate cu fluxuri libere şi montaj *Yy*, Studii şi Cercetări Ştiinţifice, Fizică şi ştiinţe tehnice, 7 (1956), 1, p. 53—64.

O teorie unitară a schemelor echivalente prin transfigurări topologice

CONSTANTIN I. MOCANU — Bucureşti*)

Problema reducerii reţelelor electrice faţă de un sistem de accese este soluţionată în literatură numai pentru cazul particular al structurilor pasive şi fără cuplaje între elemente. Nu există o teorie unitară a schemelor echivalente, valabilă pentru reţele cu sau fără cuplaje mutuale între elemente, indiferent de numărul acceselor externe, în măsură să satisfacă exigenţele ambelor aspecte ale analizei şi sintezei reţelelor. Autorul caută să stabilească o teorie unitară care să permită o tratare generală a tuturor transfigurărilor.

CZ 621.372.012.8

Stabilirea schemelor echivalente pentru diferite structuri electrice, deşi deosebit de importantă, nu este suficient tratată în literatura de specialitate. Nu există o teorie unitară a schemelor echivalente, valabilă pentru reţele cu sau fără cuplaje mutuale între elemente, indiferent de numărul acceselor externe, în măsură să satisfacă exigenţele ambelor aspecte ale analizei şi sintezei reţelelor electrice.

În această lucrare, autorul formulează o teorie unitară de stabilire a schemelor echivalente, pe baza posibilităţii efectuării de transfigurări topologice a structurilor electrice, cu elemente active, cu sau fără cuplaje mutuale.

1. Problema

Fie reţeaua electrică R_a (fig. 1), constituită sub forma cea mai generală, din l elemente active, S subreţele, n conexiuni electrice şi prezentînd cuplaje între elemente. A determina schema echivalentă cu reţeaua R_a, referitor la q conexiuni — accese fixe (cu sau fără legături externe, $q < n$), înseamnă a determina o reţea conexă ($S = 1$) cu q poli, de forma cea mai simplă, şi în general fără impedanţe mutuale între elemente — multipolul cu q accese (fig. 1, *b*). În cazul particular $q = 4$, se recunoaşte schema tetrapolului (fig. 1, *c*), respectiv cuadripolul (cu accese grupate pe perechi, fig. 1, *d*). Pentru $q = 2$, schema echivalentă, este generatorul referitor la elementul conectat între cele două conexiuni (dipolul Thévenin-Norton

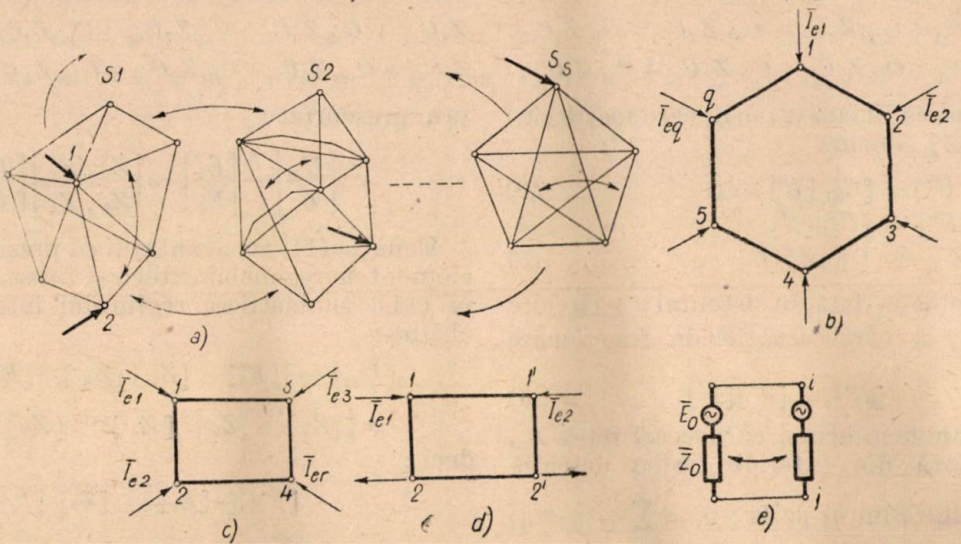


Fig. 1.

a — reţea electrică cu S subreţele şi elemente binodale multiple interconectate magnetic; *b* — multipol cu 6 accese; *c* — tetrapol; *d* — cuadripol; *e* — generatorul echivalent.

fig. 1, *e*) Schemele echivalente trebuie să îndeplinească condiţia ca în exteriorul acceselor fixe, starea electromagnetică să rămînă neschimbată, adică :

— potenţialele acceselor $\overline{V_q}$, sînt invariante,

— curenţii exteriori $\overline{I_{eq}}$, în conexiunile externe rămîn neschimbaţi, şi deci,

— puterea electrică a sistemului se conservă,

— regimul de oscilaţie liberă, conservă răspunsurile tranzitorii, adică impedanţele aparente de intrare şi transfer, conservă fracţiile polinominale :

$$\overline{Z}_{(p)} = \frac{a_0 p^m + a_1 p^{m-1} + \ldots + a_{m-1} p + a_m}{b_0 p^m + b_1 p^{m-1} + \ldots + b_{m-1} p}.$$

2. Ecuaţiile matriciale ale reţelelor închise şi deschise

Pentru reţeaua închisă (independentă) cu S subreţele, $1 = \sum_{k=1}^{s} l_k$, elemente, $n = \sum_{k=1}^{s} n_k$ cone-

*) Ing. C. Mocanu este conferenţiar la Institutul Politehnic din Bucureşti.

xiuni electrice, ecuațiile matriciale fundamentale sînt [3]:

$$[U] - [E] = [Z][I] \quad (1)$$

$$[I] = [C][I'] \quad (2)$$

prima fiind ecuația căderilor de tensiune, a doua ecuația conexiunilor, — în care $[U]$ e vectorul tensiunilor, $[E]$ vectorul forțelor electromotoare, $[I]$, $[I']$ vectorii curenților prin elementele rețelei, respectiv a curenților liniar independenți, $[Z]$ matricea impedanțelor, iar $[C]$ matricea de conexiune. Matricea de conexiune $[C]$, ale cărei elemente sînt; $\varepsilon_k(-1,0,+1)$, exprimînd relațiile de dependență liniară între sistemul celor 1 curenți, din care numai $p = 1-n+s$, sînt liniar independenți, — este în general singulară și de formă dreptunghiulară $(1 \times p)$.

Transformarea liniară (2) prin care matricele: $[U]$, $[E]$, $[Z]$, devin:

$$[U'] = [C]_t [U] = 0 \quad (3)$$

$$[E'] = [C]_t [E] \quad (4)$$

$$[Z'] = [C]_t [Z][C] \quad (5)$$

transformă rețeaua dată, în sistemul a p circuite separate R_a', a cărei ecuație de funcționare este:

$$-[E'] = [Z'][I'] \quad (6)$$

Să presupunem acum, că aceeași rețea R_a, este alimentată din exterior (rețea deschisă — multipol de ordin q) pe la: $q = \sum_{k=1}^{s} q_k \, (q < n)$ conexiuni electrice (fig. 1 *a*). Avînd aceeași configurație, ecuația matricială a căderilor de tensiune are aceeași formă (1). Presupunînd că în ecuația (1), matricea $[U]$ conține în primele q elemente, tensiunile nodale referitor la conexiunile de acces și partiționînd corespunzător și celelalte matrici, ecuația (1) devine:

$$\begin{bmatrix} U_{e1} \\ U_2 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_1 , Z_2 \\ Z_3 , Z_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} \quad (7)$$

în care s-a notat cu $[U_{e1}]$, submatricea tensiunilor între accese, iar $[U_2]$ submatricea celorlalte tensiuni.

Ecuația conexiunilor e însă diferită. Avînd l curenți interni din care $(1 - n + s)$ liniar independenți și q curenți la accese, din care $(q-s)$ independenți, numărul total al acestora fiind $(p + q - s)$, rezultă că noua matrice de conexiune $[C]$ este de rang $l \times (p + q - s)$. Matricea de conexiune $[C]$, se obține exprimînd curenții din elementele rețelei $[I]$, în funcție de curenții independenți externi $[I_e']$ și interni $[I']$ (același vector ca în (2)):

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \left[\begin{array}{c|c} C_e & C_i \end{array}\right] \begin{bmatrix} I_e' \\ I' \end{bmatrix} = \left[\begin{array}{c|c} C_{e1} & C_{i1} \\ C_{e2} & C_{i2} \end{array}\right] \begin{bmatrix} I_e' \\ I' \end{bmatrix} \quad (8)$$

în care submatricea $[C_e]$ se referă la accese, iar matricea $[C_i]$ e identică cu $[C]$ din (2). Prin ecuația de transformare (8), ecuația (7) devine:

$$\begin{bmatrix} C_{e1t} , C_{e2t} \\ C_{i1t} , C_{i2t} \end{bmatrix} \left\{ \begin{bmatrix} U_{e1} \\ U_2 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \end{bmatrix} \right\} =$$

$$= \begin{bmatrix} C_{e1t} , C_{e2t} \\ C_{i1t} , C_{i2t} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_1 , Z_2 \\ Z_3 , Z_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_{e1} , C_{i1} \\ C_{e2} , C_{i2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_e' \\ I' \end{bmatrix} \quad (9)$$

și deoarece:

$$[C_{i1t}][U_{e1}] + [C_{i2t}][U_2] = 0 \quad (10)$$

rezultă:

$$\begin{bmatrix} U_{e1} \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} C_{e1t} E_1 + C_{e2t} E_2 \\ E_{i1t} C_1 + C_{i2t} E_2 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} C_{e1t} Z_1 C_{e1} + C_{e2t} Z_3 C_{e1} + C_{e1t} Z_2 C_{e2} + C_{e2t} Z_4 C_{e2} , C_{e1} Z_1 C_{i1} + C_{e2t} Z_3 C_{i1} + C_{e1t} Z_2 C_{i2} + C_{e2t} Z_4 C_{i2} \\ C_{i1t} Z_1 C_{e1} + C_{i2t} Z_3 C_{e2} + C_{i1t} Z_2 C_{e1} + C_{i2} Z_4 C_{e2} , C_{i1t} Z_1 C_{i1} + C_{i2t} Z_3 C_{i1} + C_{i1t} Z_2 C_{i2} + C_{i2t} Z_4 C_{i2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_e' \\ I' \end{bmatrix}$$

sau prescurtat:

$$\begin{bmatrix} U_{e1} \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} E_1' \\ E_2' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_1' , Z_2' \\ Z_3' , Z_4' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_e' \\ I' \end{bmatrix} \quad (11)$$

Ecuația (11) are avantajul că prezintă distinct elementele regimului extern și intern. Eliminînd în (11), submatricea regimului intern $[I']$, se obține:

$$[U_{e1}] - \{[E_1'] - [Z_2'][Z_4']^{-1}[E_2']\} =$$

$$= \{[Z_1'] - [Z_2'] \, [Z_4']^{-1} \, [Z_3']\} [I_e']$$

deci:

$$[U_{e1}'] - [E_e'] = [Z_e'] \, [I_e'] \quad (12)$$

care reprezintă, ecuația analogă cu (6), pentru multipolii activi.

3. Transformări liniare echivalente

În studiul rețelelor electrice deschise (multipolilor), prezintă interes transformările care pot fi aplicate unei structuri în vederea obținerii altei scheme, cu condiția conservării regimului extern, al tensiunilor și curenților la borne ($[U_{e1}']$ și $[I_e']$ din (12)). Principial, pentru orice rețea cu q accese, există o infinitate de scheme, care cu structuri interne diferite, conservă regimul extern. Fie $[\varphi]$, transformarea care aplicată rețelei R, conduce la o altă rețea $R_a^{(1)}$, îndeplinind condițiile de echivalență de la pct. 1, și a cărei ecuație de funcționare:

$$[U_{e1}'] - [E_e'^{(1)}] = [Z_e'^{(1)}] \, [I_e'] \quad (13)$$

diferă de (12) prin matricele $[E_e'^{(1)}]$ și $[Z_e'^{(1)}]$. Cu aceleași reguli de transformare (3—5), matricea $[\varphi]$, trebuie să îndeplinească condițiile:

$$[\varphi]_t \begin{bmatrix} U_{e1} \\ 0 \end{bmatrix} = [U_{e1}] = [U_{e1}']; [\varphi] \begin{bmatrix} I_e' \\ I' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_{e1}' \\ I'' \end{bmatrix} \quad (14)$$

Dacă se partiționează $[\varphi]$, sub forma :

$$[\varphi] = \begin{bmatrix} \varphi_1 , \varphi_2 \\ \varphi_3 , \varphi_4 \end{bmatrix} \tag{15}$$

condițiile (14) sînt echivalente cu :

$$[\varphi_1] = [1]; \; [\varphi_2] = 0 \tag{16}$$

și deci în general matricele transformărilor echivalente $[\varphi]$, au forma :

$$[\varphi] = \begin{bmatrix} 1 , 0 \\ \alpha , \beta \end{bmatrix} \tag{17}$$

în care se recunoaște matricea Howitt. Transformarea (17) aplicată ecuației (11) cu regulile de transformare (3—5), conduce la :

$$\begin{bmatrix} 1 , \alpha_t \\ 0 , \beta_t \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U'_{e1} \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U'_{e1} \\ 0 \end{bmatrix}; \; \begin{bmatrix} 1 , \alpha_t \\ 0 , \beta_t \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E'_1 \\ E'_2 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} E'_1 + \alpha_t E'_2 \\ \beta_t E'_2 \end{bmatrix}; \; \begin{bmatrix} 1 , 0 \\ \alpha , \beta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I'_e \\ I' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I'_e \\ \alpha I'_e + \beta I' \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1 , \alpha_t \\ 0 , \beta_t \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z'_1 , Z'_2 \\ Z'_3 , Z'_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 , 0 \\ \alpha , \beta \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} Z'_1 + \alpha_t Z'_3 + Z'_2 \alpha + \alpha_t Z'_4 \alpha , Z'_2 \beta + \alpha_t Z'_4 \beta \\ \beta_t Z'_3 + \beta_t Z'_4 \alpha , \qquad \beta_t Z'_4 \beta \end{bmatrix} \tag{18}$$

Pentru diferite valori $[\alpha]$, $[\beta]$ se obțin diferite scheme echivalente cu R_a.

4. Rețele electrice poligonale

După modul de interconectare a elementelor, se disting :

a) *Rețele electrice complexe*, cu subrețele poligonal complete și elemente binodale multiple R_a (fig. 1,*a*). Reprezintă forma cea mai generală, cu subrețele interconectate magnetic, fiecare subrețea avînd forma poligonului cu elemente multiple conectate la două noduri (serie sau paralel). Topologic corespund spațiilor generale.

b) *Rețele poligonal complete cu elemente binodale multiple* R_b, au numai o subrețea ($S = 1$) și sînt constituite ca și în cazul precedent, din elemente binodale multiple cuplate magnetic. Corespund subspațiilor generale (fig. 1 *a*).

c) *Rețele poligonal complete* R_p, au o subrețea ($S = 1$) și interconectat între două noduri numai un element (fig. 2, *a*). Reprezintă pentru același număr de conexiuni, forma cea mai simplă, tipică pentru R_a și R_b, numărul elementelor fiind : $l_p = n(n-1)/2$.

d) *Contracția rețelelor electrice.* Ne propunem a determina schema echivalentă poligonal completă R_{p1}, a rețelei R_a, referitor la q accese. Întîi, trebuie transformată rețeaua R_a în rețeaua R_b, prin raportarea subrețelelor, iar prin transformări ale elementelor serie și paralel cuplate între ele, — în rețeaua R_{pq}.

Să presupunem acum că în structura R_a (fără accese), se poate suprima nodul *1* (fig. 2, *a*), transformînd structura stelată a elementelor active și cuplate între ele și între ele și restul elementelor din rețea, în structura poligonală echivalentă, astfel încît noua rețea (fig. 2, *b*) este de forma R_b, cu $(q-1)$ conexiuni și elemente binodale duble. Evident că $R_{b(q-1)}$, poate fi transformată în structura poligonal completă $R_{p(q-1)}$, contractată cu un nod și $(q-2)$ elemente față de R_{pq}. Continuînd similar contracțiile, se obțin un șir de rețele alternate de tip R_p, echivalente, ultima rețea fiind dipolul generator-receptor R_{p2} (fig. 1, e).

Șirul rețelelor R_a, R_b, R_{pq}, R_{p2}, sînt echivalente și vor fi denumite, cu izomorfism de contracție.

În concluzie, transformările utilizate în stabilirea structurilor echivalente sînt :

— funcționala $[T_a^b]$, cuprinzînd grupul de transformări care aduce rețeaua R_a la forma R_b, prin suprimarea conexiunilor magnetice independente ale subrețelelor, păstrînd însă numărul conexiunilor electrice ;

— funcționala $[T_b^{pq}]$, cuprinde grupul de transformări care aduce rețeaua R_b la forma R_{pq}, păstrînd numărul conexiunilor electrice, dar reducînd numărul elementelor la $q(q-1)/2$;

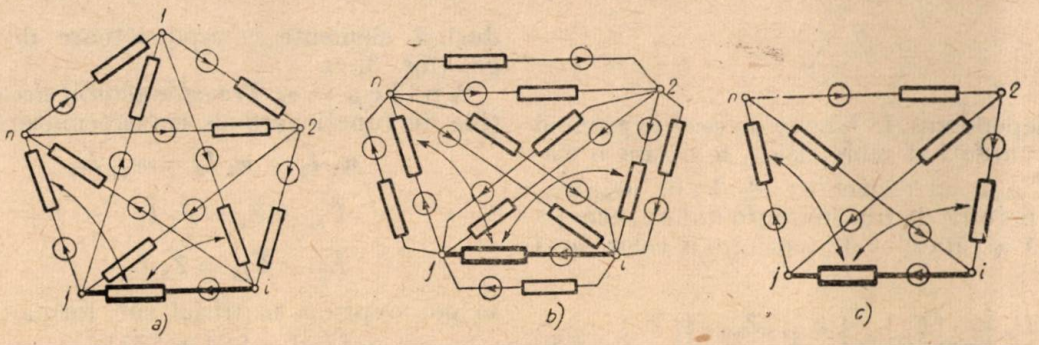


Fig. 2.

a — rețea electrică poligonal completă ; *b* — poligonal completă cu elemente binodale duble $R_{b(n-1)}$; *c*-poligonal completă cu o contracție $R_{p(n-1)}$.

— funcționala $[T^{p2}_{pq}]$, cuprinde grupul de transformări care aduce rețeaua R_{pq}, la generatorul echivalent R_{p2}.

5. Transformările de raportare $[T^b_a]$

Fie subrețelele m și n aparținînd rețelei R_a, interconectate prin p conexiuni magnetice în care s-a notat cu: $w_{m1}, w_{m2}, \ldots, w_{n1}, w_{n2} \ldots$ numărul de spire și $\bar{I}_{m1}, \bar{I}_{n1} \ldots$ curenții prin înfășurări. Presupunînd nule pierderile histerezis și Foucault, ecuațiile amperspirelor sînt:

$$\sum_r w_{mr}\,\bar{I}_{mr} + \sum_r w_{nr}\,\bar{I}_{nr} = 0. \qquad (19)$$

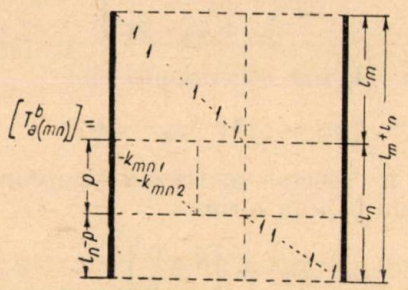
Din sistemul celor p relații de dependență liniară (19), se pot alege $(l_m + l_n - p)$ curenți liniar independenți, în funcție de care exprimînd $(l_m + l_n)$ curenți ai subrețelelor, se obține o matrice $[T^b_{a(mn)}]$, cu elemente; $\pm 1, 0, w_{mr}/w_{ns}$. Aplicînd regulile de transformare liniară, ecuația matricială a căderilor de tensiune a celor două subrețele:

$$\begin{bmatrix} U_m \\ U_n \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} E_m \\ E_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{mm}, Z_{mn} \\ Z_{nm}, Z_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_m \\ I_n \end{bmatrix} \qquad (20)$$

se transformă în:

$$[U_{mn}] - [E_{mn}] = [Z_{mn}]\,[I_{mn}] \qquad (21)$$

adică o singură subrețea. În continuare raportînd analog, subrețeaua (mn) la subrețeaua I, se ajunge final la rețeaua conexă R_b. În cazul particular al subrețelelor interconectate prin conexiuni cu două înfășurări, matricea $[T^b_{a(mn)}]$ are forma:



iar subrețeaua (mn) conexă ca în fig. 3, *b*.

În caz că pierderile histerezis și Foucault nu sînt nule, se poate stabili analog o matrice $[T'^b_{a(mn)}]$ care raportează subrețelele, intro-

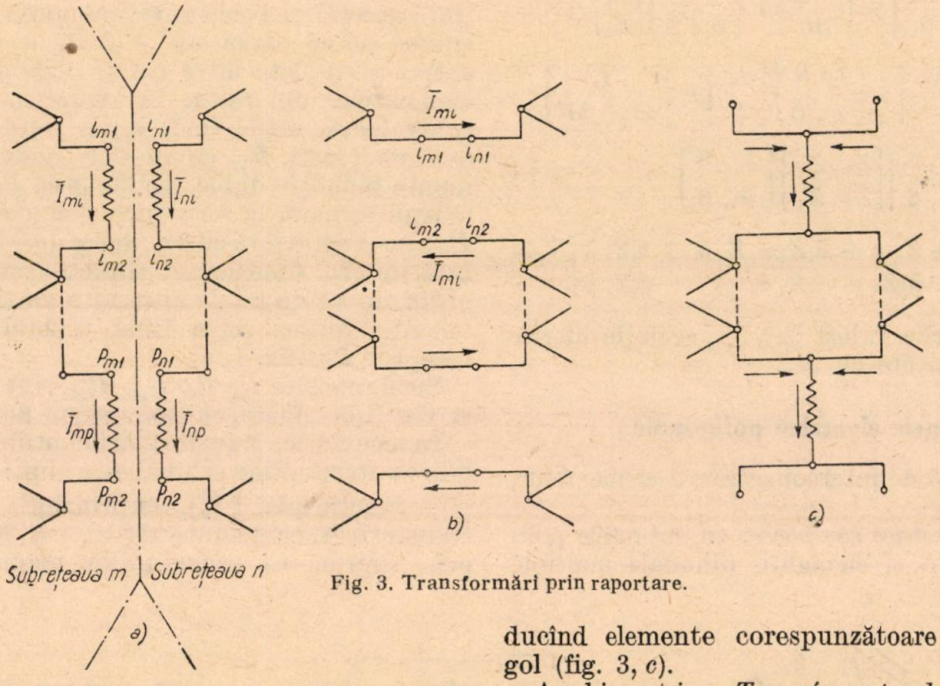


Fig. 3. Transformări prin raportare.

ducînd elemente corespunzătoare de mers în gol (fig. 3, *c*).

Aplicație. *Transformatorul electric.* Ecuațiile de funcționare ale transformatorului:

$$\begin{aligned} w_1\,\bar{I}_1 + w_2\,\bar{I}_2 &= w_{10}\,\bar{I}_{10} \\ \bar{U}_{b1} + \bar{E}_1 &= \bar{Z}_1\,\bar{I}_1 \\ \bar{E}_2 - \bar{U}_{b2} &= \bar{Z}_2\,\bar{I}_2 \end{aligned} \qquad (23)$$

se pot exprima matricial sub forma:

$$[U_b] - [E] = [Z]\,[I] \qquad (24)$$

în care:

$$[U_b] = \begin{bmatrix} 0 \\ U_{b1} \\ -U_{b2} \end{bmatrix}; [E] = \begin{bmatrix} 0 \\ -E_1 \\ -E_2 \end{bmatrix};$$

$$[I] = \begin{bmatrix} \bar{I}_{10} \\ \bar{I}_1 \\ \bar{I}_2 \end{bmatrix}; [Z] = \begin{bmatrix} w_1, -w_2, -w_2 \\ 0\ ,\ \bar{Z}_1, \ 0 \\ 0\ ,\ 0\ \ \bar{Z}_2 \end{bmatrix} \qquad (25)$$

A doua ecuație matricială a transformatorului, se va stabili în așa fel, încît ecuația amperspirelor din (23) să se transforme în ecuația conexiunilor electrice a primei teoreme Kirchhoff:

$$\bar{I}_1 + \frac{w_2}{w_1}\bar{I}_2 = \bar{I}_1 + \bar{I}'_2 = \bar{I}_{10} \qquad (26)$$

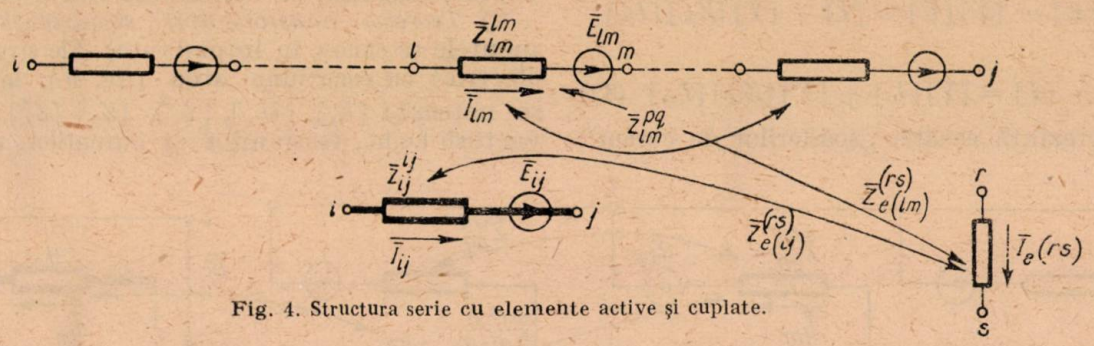


Fig. 4. Structura serie cu elemente active și cuplate.

în care s-a notat:

$$\bar{I}'_2 = \frac{w_2}{w_1}\bar{I}_2 = \frac{1}{k}\bar{I}_2.$$

Pentru prezentarea matricială se va scrie:

$$\begin{matrix}\bar{I}_{10} = \bar{I}_{10} \\ \bar{I}_1 = \bar{I}_1 \\ \bar{I}_2 = k\bar{I}'_2\end{matrix} \quad ; [C] = \begin{bmatrix}1, 0, 0\\ 0, 1, 0\\ 0, 0, k\end{bmatrix}$$

adică:

$$[I] = [C][I']$$

Matricele $[U_b]$, $[E]$ și $[Z]$ din (26), se transformă după:

$$[U'_b] = [C]_t[U_b] = \begin{bmatrix}0\\ \bar{U}_{b1}\\ -k\bar{U}_{b2}\end{bmatrix};$$

$$[E'] = [C]_t[E] = \begin{bmatrix}0\\ -\bar{E}_1\\ -k\bar{E}_2\end{bmatrix}$$

$$[Z'] = [C]_t[Z][C] = \begin{bmatrix}w_1, & -w_1, & -w_1\\ 0, & \bar{Z}_1, & 0\\ 0, & 0, & k^2\bar{Z}_2\end{bmatrix}.$$

Ecuația matricială transformată, după ce s-a simplificat cu w_1, are forma:

$$\begin{bmatrix}0\\ \bar{U}_{b1}\\ -k\bar{U}_{b2}\end{bmatrix} - \begin{bmatrix}0\\ -\bar{E}_1\\ k\bar{E}_2\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}1, -1, -1\\ 0, \bar{Z}_1, 0\\ 0, 0, k^2\bar{Z}_2\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\bar{I}_{10}\\ \bar{I}_1\\ \bar{I}'_2\end{bmatrix}$$

în care se recunosc, ecuațiile transformatorului cu înfășurarea secundară raportată la înfășurarea primară.

6. Teoremele transformărilor $[T^{pq}_b]$

Transformarea rețelei R_b în rețeaua R_p, cu același număr de conexiuni q, pretinde determinarea elementelor binodale simple, echivalente cu elementele binodale multiple — adică transformările serie și paralel.

a) *Teorema transformării elementelor active montate în serie și cuplate magnetic.* Fie structura electrică constituită din n elemente active, montate în serie (fig. 4), în care pentru elementul (lm), s-a notat: $\bar{E}_{lm}$, $\bar{U}_{lm}$, $\bar{I}_{lm}$, $\bar{Z}^{lm}_{lm}$, $\bar{Z}^{pq}_{lm}$, $Z^{(rs)}_{e(lm)}$, forța electromotoare, tensiunea la borne, curentul, impedanța proprie, mutuală față de elementele structurii, respectiv impedanța mutuală față de elementele externe montajului.

Ecuațiile căderilor de tensiune și a conexiunilor sînt:

$$[E] - [U] = [Z][I] + [Z_{(e)}][I_{(e)}] \qquad (27)$$

$$[I] = [C][I_{ij}] = \bar{I}_{ij}[1_c] \qquad (28)$$

în care $[Z_{(e)}]$, $[I_{(e)}]$ sînt matricele impedanțelor elementelor externe montajului, respectiv a curenților, iar matricea de conexiune fiind de tip coloană cu elementele egale cu unitatea, a fost notată cu $[1_c]$ (transpusa sa fiind matricea linie cu elementele unitate; $[1_c]_t = [1_l]$). Aplicînd regulile de transformare (3—5), ecuația (27) devine:

$$[1_l][E] - [1_l][U] = [1_l][Z][1_c]\bar{I}_{ij} + [1_l][Z_{(e)}][I_{(e)}] \qquad (29)$$

sau,

$$\bar{E}_{ij} - \bar{U}_{ij} = \bar{Z}^{ij}_{ij}\bar{I}_{ij} + \Sigma\bar{Z}^{(rs)}_{e(ij)}\bar{I}_{e(rs)} \qquad (30)$$

în care:

$$\bar{E}_{ij} = \sum_{lm}\bar{E}_{lm};\ \bar{U}_{ij} = \sum_{lm}\bar{U}_{lm};$$

$$\bar{Z}^{ij}_{ij} = \sum_{lm,pq}\bar{Z}^{pq}_{lm};\ \bar{I}_{ij} = \bar{I}_{lm};\ \bar{Z}^{(rs)}_{e(ij)} = \sum_{lm}\bar{Z}^{(rs)}_{e(lm)}$$

S-a stabilit teorema transformării elementelor active conectate în serie: un sistem de elemente active montate în serie, cu cuplaje interne și externe este echivalent (izomorf contractat) cu un element activ, avînd ca f.e.m. suma forțelor electromagnetice, ca impedanță proprie — suma impedanțelor proprii și mutuale, iar ca impedanță mutuală față de un element exterior — suma impedanțelor mutuale externe față de elementul respectiv — curentul fiind același.

b) *Teorema transformării elementelor active conectate în paralel.* Fie structura electrică constituită din n elementele active conectate în

paralel (fig. 5), în care cu aceleași notații, ecuația căderilor de tensiune este:

$$[E] - [U] = [Z][I] + [Z_{(e)}][I_{(e)}] \quad (31)$$

Multiplicînd ecuația (31) cu $[Z]^{-1} = [Y]$, în care $[Y]$ e matricea admitanțelor structurii, se obține:

$$[Y][E] - [Y][U] = [I] + [Y][Z_{(e)}][I_{(e)}]$$

sau:

$$[I_c] - [I] = [Y][U] + [Y][Z_{(e)}][I_{(e)}] \quad (32)$$

care reprezintă ecuația „scăderilor de curent" — duala ecuației (31). Ecuația conexiunilor — dual cu (28) va fi:

$$[U] = [C][U_{ij}] = \overline{U_{ij}}[1_c] \quad (33)$$

Cu aceleași reguli de transformare, ecuația (32) devine:

$$[1_i][Y][E] - [1_i][Y][U] = [1_i][I] + [1_i][Y][Z_{(e)}][I_{(e)}]$$

sau:

$$\overline{E_{ij}} - \overline{U_{ij}} = \overline{Z_{ij}^{ij}}\,\overline{I_{ij}} + \sum \overline{Z_{e(ij)}^{(rs)}}\,\overline{I_{e(rs)}} \quad (34)$$

în care:

$$\overline{E_{ij}} = \frac{\sum_{pq} \overline{Y}_{lm}^{pq}\,\overline{E}_{pq}}{\sum_{lm,pq} \overline{Y}_{lm}^{pq}}; \quad \overline{U}_{ij} = \overline{U}_{lm};$$

$$\overline{I}_{ij} = \sum_{lm} \overline{I}_{lm}; \quad \overline{Z}_{ij}^{ij} = \frac{1}{\sum_{lm,pq} \overline{Y}_{lm}^{pq}}$$

$$\overline{Z}_{e(ij)}^{(rs)} = \frac{\sum_{lm,pq} \overline{Y}_{lm}^{pq}\,\overline{Z}_{e(pq)}^{(rs)}}{\sum_{lm,pq} \overline{Y}_{lm}^{pq}}. \quad (35)$$

S-a stabilit teorema transformării elementelor active conectate în paralel: un sistem de elemente active montate în paralel, cu cuplaje interne și externe, este echivalent (izomorf contractat) cu un element activ, avînd ca f.e.m. media ponderată a f.e.m. în raport cu admitanțele, curentul egal cu suma curenților, cu admitanța proprie — suma admitanțelor proprii și mutuale externe, iar în impedanță mutuală — media ponderată a impedanțelor externe, în raport cu admitanțele, tensiunea fiind aceeași.

7. Teoremele transformărilor $[T_{pq}^{p2}]$

Se referă la transfigurările elementelor active cuplate magnetic, cu conexiune stea și poligon.

a) *Teorema transformării stea-triunghi* (elementele se cunosc în impedanțe). Fie structura electrică cu conexiune stea (fig. 6), în care se notează: $[E_\lambda]$, $[U_\lambda]$, $[I_\lambda]$, $[Z_\lambda]$ $[Z_\lambda^{(e)}]$, $[I^{(e)}]$, vectorii f.e.m., tensiunilor și curenților, matri-

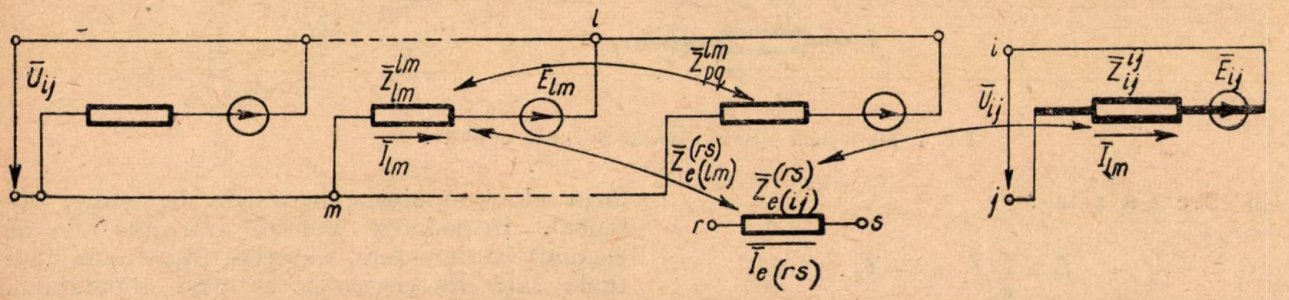


Fig. 5. Structura paralel cu elemente active și cuplate.

cele impedanțelor structurii, respectiv a impedanțelor elementelor externe și a curenților prin aceste elemente. Ecuația matricială a căderilor de tensiune este:

$$[U_\lambda] - [E_\lambda] = [Z_\lambda][I_\lambda] + [Z_\lambda^{(e)}]\,[I^{(e)}]. \quad (36)$$

Regimul extern al structurii, este definit de două tensiuni independente, de ex. $\overline{U_{13}}$ și $\overline{U_{23}}$

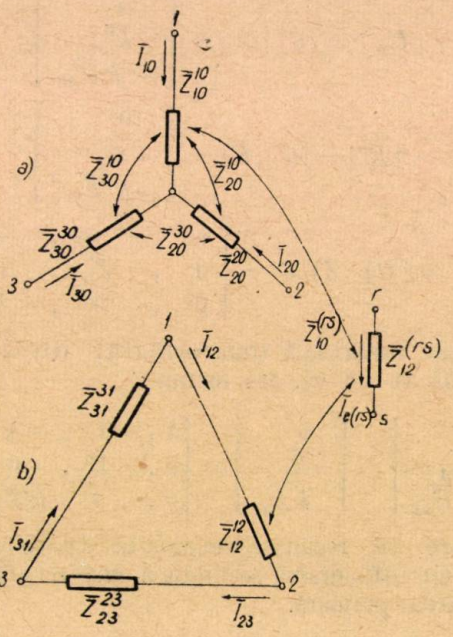


Fig. 6. Transformarea stea-triunghi cu elemente active și cuplate.

și doi curenți independenți $\overline{I_1}$ și $\overline{I_2}$. Pentru a transforma ecuația (36), în ecuația ce se referă

la regimul exterior, se alege o matrice de transformare echivalentă $[\varphi]$, de forma (17), în care;

$$[1]=\begin{bmatrix}1 & 0\\ 0 & 1\end{bmatrix};\ [\alpha]=[-1,\ -1];\ [\beta]=[-1] \quad (37)$$

adică:

$$[\varphi]=\begin{bmatrix}1 & & \\ & 1 & \\ -1 & -1 & -1\end{bmatrix}. \quad (38)$$

Forțele em. ale structurii, pot fi exteriorizate, rețeaua se pasivizează și deci ecuația matricială a căderilor de tensiune (36) devine:

$$[U_\lambda]=[Z_\lambda][I_\lambda]+[Z_\lambda^{(e)}][I^{(e)}]. \quad (39)$$

Matricea $[\varphi]$ verificînd identitatea:

$$[\varphi]^n=\begin{cases}[1], \text{ pentru } n \text{ par},\\ [\varphi], \text{ pentru } n \text{ impar}.\end{cases} \quad (40)$$

ecuația (39) multiplicată cu $[\varphi]_t$, devine:

$$[\varphi]_t[U_\lambda]=[\varphi]_t[Z_\lambda][\varphi][\varphi][I_\lambda]+[\varphi]_t[Z_\lambda^{(e)}][I^{(e)}], \quad (41)$$

adică, ecuația transformată:

$$[U'_\lambda]=[Z'_\lambda][I'_\lambda]+[\varphi]_t[Z_\lambda^{(e)}][I^{(e)}], \quad (42)$$

în care: $[U'_\lambda]$, $[Z'_\lambda]$. $[I'_\lambda]$, au valorile din (18):

$$[U'_\lambda]=[\varphi]_t[U]=\begin{bmatrix}\overline{U}_{13}\\ \overline{U}_{23}\\ -\overline{U}_{30}\end{bmatrix};\ [E'_\lambda]=[\varphi]_t[E_\lambda]=$$

$$=\begin{bmatrix}\overline{E}_{10}-\overline{E}_{30}\\ \overline{E}_{20}-\overline{E}_{30}\\ -\overline{E}_{30}\end{bmatrix};\ [I'_\lambda]=[\varphi][I_\lambda]=\begin{bmatrix}\overline{I}_{10}\\ \overline{I}_{20}\\ 0\end{bmatrix}$$

$$[Z'_\lambda]=]\varphi]_t[Z_\lambda][\varphi]=$$

$$=\begin{bmatrix}\overline{Z}_{10}^{10}-\overline{Z}_{30}^{10}-\overline{Z}_{10}^{30}+\overline{Z}_{30}^{30}, & \overline{Z}_{10}^{20}-\overline{Z}_{30}^{20}-\overline{Z}_{10}^{30}+\overline{Z}_{30}^{30}, & -\overline{Z}_{10}^{30}+\overline{Z}_{30}^{30}\\ \overline{Z}_{20}^{10}-\overline{Z}_{30}^{10}-\overline{Z}_{20}^{30}+\overline{Z}_{30}^{30}, & \overline{Z}_{20}^{20}-\overline{Z}_{30}^{20}-\overline{Z}_{20}^{30}+\overline{Z}_{30}^{30}, & -\overline{Z}_{20}^{30}+\overline{Z}_{30}^{30}\\ -\overline{Z}_{30}^{10}+\overline{Z}_{30}^{30}, & -\overline{Z}_{30}^{20}+\overline{Z}_{30}^{30}, & \overline{Z}_{30}^{30}\end{bmatrix} \quad (43)$$

Ecuația matricială a structurii stea, referitor la regimul extern ($[U_e]$ și $[I_e]$), se obține din (42—43), eliminînd ultima linie a matricilor:

$$\begin{bmatrix}\overline{U}_{13}\\ \overline{U}_{23}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\overline{\mathfrak{Z}}_{10}+\overline{\mathfrak{Z}}_{30}, & \overline{\mathfrak{Z}}_{30}\\ \overline{\mathfrak{Z}}_{30}, & \overline{\mathfrak{Z}}_{20}+\overline{\mathfrak{Z}}_{30}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\overline{I}_1\\ \overline{I}_2\end{bmatrix}+$$

$$+\begin{bmatrix}(\overline{Z}_{10(e)}^{(rs)}-\overline{Z}_{30(e)}^{(rs)}),\dots\\ (\overline{Z}_{20(e)}^{(rs)}-\overline{Z}_{30(e)}^{(rs)}),\dots\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\overline{I}_e^{(rs)}\\ \vdots\end{bmatrix} \quad (44)$$

sau condensat:

$$[U'_e]=[Z''_\lambda][I'_e]+[Z''^{(e)}_\lambda][I'^{(e)}] \quad (45)$$

în care s-a notat (pentru structurile cu impedanțe mutuale simetrice ($\overline{Z}_{10}^{20}=\overline{Z}_{20}^{10}$), ca impedanțe mutuale echivalente, expresiile:

$$\overline{\mathfrak{Z}}_{10}=\overline{Z}_{10}^{10}-\overline{Z}_{10}^{20}-\overline{Z}_{10}^{30}+\overline{Z}_{20}^{30} \quad (46)$$

Pentru structura triunghiulară transformată, (fig. 6), de asemenea pasivizată, ecuația matricială a căderilor de tensiune este:

$$[U_\Delta]=[Z_\Delta][I_\Delta]+[Z_\Delta^{(e)}][I^{(e)}] \quad (47)$$

în care matricele, sînt ordonate după ordinea indicilor: 31, 23, 12.

Cu aceeași funcțională $[\varphi]$, matricele $[U_\Delta]$, $[I_\Delta]$, și $[Z_\Delta]$ se transformă, după:

$$[U'_\Delta]=[\varphi][U_\Delta]=\begin{bmatrix}\overline{U}_{31}\\ \overline{U}_{23}\\ 0\end{bmatrix};\ [I'_\Delta]=[\varphi]_t[I_\Delta]=\begin{bmatrix}-\overline{I}_1\\ \overline{I}_2\\ \overline{I}_{12}\end{bmatrix}$$

$$[Z'_\Delta]=[\varphi][Z_\Delta][\varphi]_t=\begin{bmatrix}\overline{Z}_{31}, & 0, & -\overline{Z}_{31}\\ 0, & \overline{Z}_{23}, & -\overline{Z}_{23}\\ -\overline{Z}_{31}, & -\overline{Z}_{23}, & \overline{Z}_{12}+\overline{Z}_{23}+\overline{Z}_{31}\end{bmatrix} \quad (48)$$

iar ecuația matricială a căderilor de tensiune, referitor la regimul extern se obține analog:

$$\begin{bmatrix}\overline{U}_{13}\\ \overline{U}_{23}\end{bmatrix}=\left\{\begin{bmatrix}\overline{Z}_{31}, & 0\\ 0, & \overline{Z}_{23}\end{bmatrix}-\frac{1}{\sum\overline{Z}_{12}}\begin{bmatrix}-\overline{Z}_{31}\\ \overline{Z}_{23}\end{bmatrix}[-Z_{31}, Z_{23}]\right\}\begin{bmatrix}\overline{I}_1\\ \overline{I}_2\end{bmatrix}+$$

$$+\left\{\begin{bmatrix}-\overline{Z}_{31(e)}^{(rs)},\dots\\ \overline{Z}_{23(e)}^{(rs)},\dots\end{bmatrix}-\frac{\sum_{12}^{31}\overline{Z}_{12(e)}^{(rs)}}{\sum_{12}^{31}\overline{Z}_{12}}\begin{bmatrix}-\overline{Z}_{31}\\ \overline{Z}_{23}\end{bmatrix}\right\}\begin{bmatrix}I_{(rs)}^{(e)}\\ \vdots\end{bmatrix} \quad (49)$$

sau condensat:

$$[U'_e]=[Z''_\Delta][I'_e]+[Z''^{(e)}_\Delta][I'^{(e)}] \quad (50)$$

Identificînd în (45) și (50), matricele de impedanțe:

$$[Z''_\lambda]=[Z''_\Delta] \quad (51)$$

rezultă:

$$\overline{Z}_{12}=\frac{\overline{\mathfrak{Z}}_{10}\cdot\overline{\mathfrak{Z}}_{20}}{\overline{\mathfrak{Z}}_{\lambda 0}} \quad (52)$$

în care:

$$\frac{1}{\overline{\mathfrak{Z}}_{\lambda 0}}=\sum_{i=1}^{3}\frac{1}{\overline{\mathfrak{Z}}_{i0}}. \quad (53)$$

Între vectorii de tensiuni $[U_\lambda]$ și $[U_\Delta]$, există relația de transformare:

$$[U_\Delta]=[T_{\lambda\Delta}][U_\lambda] \quad (54)$$

în care matricea de transformare $[T_{\lambda\Delta}]$, se obține exprimînd sistemul ecuațiilor:

$$\overline{U}_{12}=\overline{U}_{10}-\overline{U}_{20}. \quad (55)$$

Multiplicînd ecuația (40) cu $[T_{\lambda\Delta}]$ și identificînd cu (47), se obține:

$$[I_\Delta]=[Z_\Delta]^{-1}[T_{\lambda\Delta}][Z_\lambda][I_\lambda] \quad (56)$$

$$[Z_\Delta^{(e)}]=[T_{\lambda\Delta}][\overline{Z}_\lambda^{(e)}] \quad (57$$

din care se deduc valorile curenților $\overline{I}_{12}$ și ale impedanțelor $\overline{Z}^{(rs)}_{(12)e}$ în funcție de valorile corespunzătoare ale structurii stelate.

S-a stabilit teorema transformării elementelor active, conectate în stea: un sistem de elemente active conectate în stea, cu cuplaje interne și externe este echivalent (izomorf contractat) cu structura elementelor active, fără cuplaje mutuale interne, dar cu cuplaje mutuale externe, cu conexiune în triunghiu. Elementul activ (12), al structurii triunghiulare, este complet determinat prin mărimile: $\overline{E}_{12}$, $\overline{U}_{12}$, $\overline{I}_{12}$, $\overline{Z}_{12}$ și $\overline{Z}^{(rs)}_{e(12)}$, exprimate în funcție de mărimile corespunzătoare ale structurii stelate: $\overline{E}_{10}$, $\overline{U}_{10}$, $\overline{I}_{10}$ $\overline{Z}^{i0}_{10}$ și $\overline{Z}^{(rs)}_{e(10)}$, prin ecuațiile de transformare:

$$\overline{U}_{12} = \overline{U}_{10} - \overline{U}_{20} \tag{58}$$

$$\overline{E}_{12} = \overline{E}_{10} - \overline{E}_{20} \tag{59}$$

$$\overline{Z}_{12} = \frac{\overline{\mathfrak{Z}}_{10}\cdot\overline{\mathfrak{Z}}_{20}}{\overline{\mathfrak{Z}}_{\lambda 0}}\ ;\ \frac{1}{\overline{\mathfrak{Z}}_{\lambda 0}} = \sum_{i=1}^{3}\frac{1}{\overline{\mathfrak{Z}}_{i0}} \tag{60}$$

$$\overline{I}_{12} = \frac{\overline{\mathfrak{Z}}_{\lambda 0}}{\overline{\mathfrak{Z}}_{10}\cdot\overline{\mathfrak{Z}}_{20}}\sum_{i=1}^{3}(\overline{Z}^{i0}_{10} - Z^{i0}_{20})\,\overline{I}_{i0} \tag{61}$$

$$\overline{Z}^{(rs)}_{(12)e} = \overline{Z}^{(rs)}_{e(10)} - \overline{Z}^{(rs)}_{e(20)} \tag{62}$$

b) *Teorema transformării stea-triunghiu* (elementele se cunosc ca admitanțe). Cu notații analoge ($[Z]^{-1} = [Y]$), ecuația matriceală a „scăderilor de curent" — duală cu (36), este:

$$[I_\lambda] - [I_{e\lambda}] = [Y_\lambda][U_\lambda] + [Y^{(e)}_\lambda][U^{(e)}] \tag{63}$$

care pasivizată (cu aproximația unor constante aditive cu curenți), devine:

$$[I_\lambda] = [Y_\lambda][U_\lambda] + [Y^{(e)}_\lambda][U^{(e)}] \tag{64}$$

care multiplicată cu $[\varphi]$:

$$[\varphi][I_\lambda] = [\varphi][Y_\lambda][\varphi]_t[\varphi]_t[U_\lambda] + [\varphi][Y^{(e)}_\lambda][U^{(e)}] \tag{65}$$

se transformă în ecuația regimului extern:

$$[I'_\lambda] = [Y'_\lambda][U'_\lambda] + [\varphi][Y^{(e)}_\lambda][U^{(e)}] \tag{66}$$

în care:

$$[I'_\lambda] = [\varphi][I_\lambda] = \begin{bmatrix}\overline{I}_1\\ \overline{I}_2\\ 0\end{bmatrix};\quad [U'_\lambda] = [\varphi]_t[U_\lambda] = \begin{bmatrix}\overline{U}_{13}\\ \overline{U}_{23}\\ -\overline{U}_{30}\end{bmatrix}$$

$$[Y'_\lambda] = [\varphi][Y_\lambda][\varphi]_t = \begin{bmatrix}\overline{Y}^{10}_{10}, \overline{Y}^{20}_{10}, -\overline{\mathfrak{Y}}_{10}\\ \overline{Y}^{10}_{20}, \overline{Y}^{20}_{20}, -\overline{\mathfrak{Y}}_{20}\\ -\overline{\mathfrak{Y}}_{10}, -\overline{\mathfrak{Y}}_{20}, \overline{\mathfrak{Y}}_{\lambda 0}\end{bmatrix} \tag{67}$$

cu notațiile pentru admitanțele echivalente (în rețelele simetrice, $\overline{Y}^{q0}_{p0} = \overline{Y}^{p0}_{q0}$)

$$\overline{\mathfrak{Y}}_{10} = \overline{Y}^{10}_{10} + \overline{Y}^{20}_{10} + \overline{Y}^{30}_{10};\ \overline{\mathfrak{Y}}_{\lambda 0} = \sum_{i=1}^{3}\overline{\mathfrak{Y}}_{i0} \tag{68}$$

Ecuația matricială referitor la regimul extern, rezultă din (66) prin eliminarea ultimei linii:

$$\begin{bmatrix}\overline{I}_1\\ \overline{I}_2\end{bmatrix} = \left\{\begin{bmatrix}\overline{Y}^{10}_{10}, \overline{Y}^{20}_{10}\\ \overline{Y}^{10}_{20}, \overline{Y}^{20}_{20}\end{bmatrix} + \frac{1}{\overline{\mathfrak{Y}}_{\lambda 0}}\begin{bmatrix}-\overline{\mathfrak{Y}}_{10}\\ -\overline{\mathfrak{Y}}_{20}\end{bmatrix}\left[-\overline{\mathfrak{Y}}_{10}, -\overline{\mathfrak{Y}}_{20}\right]\right\}\begin{bmatrix}\overline{U}_{13}\\ \overline{U}_{23}\end{bmatrix} +$$

$$+\left\{\begin{bmatrix}\overline{Y}^{(rs)}_{10(e)}, \cdots\\ \overline{Y}^{(rs)}_{20(e)}, \cdots\end{bmatrix} + \frac{1}{\overline{\mathfrak{Y}}_{\lambda 0}}\left[-\sum_{i=1}^{3}\overline{Y}^{(rs)}_{i0(e)}\right]\begin{bmatrix}-\overline{\mathfrak{Y}}_{10}\\ -\overline{\mathfrak{Y}}_{20}\end{bmatrix}\right\}[U'^{(e)}] \tag{69}$$

sau condensat:

$$[I'_e] = [Y''_\lambda][U'_e] + [Y''^{(e)}_\lambda][U'^{(e)}] \tag{70}$$

Pentru structura triunghiulară, a cărei ecuație dual cu (47), este:

$$[I_\Delta] = [Y_\Delta][U_\Delta] + [Y^{(e)}_\Delta][U^{(e)}] \tag{71}$$

transformări similare, conduc la ecuația regimului extern:

$$\begin{bmatrix}\overline{I}_1\\ \overline{I}_2\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\overline{Y}_{12}+\overline{Y}_{31}, -\overline{Y}_{12}\\ -\overline{Y}_{12}, \overline{Y}_{12}+\overline{Y}_{23}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\overline{U}_{13}\\ \overline{U}_{23}\end{bmatrix} +$$

$$+\begin{bmatrix}(\overline{Y}^{(rs)}_{12(e)} - \overline{Y}^{(rs)}_{31(e)}, \cdots\\ (\overline{Y}^{(rs)}_{23(e)} - \overline{Y}^{(rs)}_{12(e)}, \cdots\end{bmatrix}[U'^{(e)}]$$

sau condensat:

$$[I'_e] = [Y''_\Delta][U'_e] + [Y''^{(e)}_\Delta][U'^{(e)}]. \tag{72}$$

Identificînd în ecuațiile (70) și (72), matricele de admitanțe, se deduc expresiile admitanțelor $[Y_\Delta]$ în funcție de $[Y_\lambda]$.

S-a stabilit teorema transformării admitanțelor conectate în stea; un sistem de trei admitanțe $\overline{Y}^{i0}_{i0}$ ($i = 1, 2, 3$) conectate în stea și cu admitanțe mutuale $\overline{Y}^{j0}_{i0}$, este echivalent cu trei admitanțe $\overline{Y}_{12}$, $\overline{Y}_{23}$, $\overline{Y}_{31}$ montate în triunghiu și fără admitanțe mutuale:

$$\overline{Y}_{12} = \frac{\overline{\mathfrak{Y}}_{10}\,\overline{\mathfrak{Y}}_{20}}{\overline{\mathfrak{Y}}_{\lambda 0}} - \overline{Y}^{20}_{10} \tag{73}$$

și analogele.

Similar se demonstrează:

c) *Teorema transformării triunghi-stea* (elementele se cunosc ca admitanțe). Un sistem de trei elemente active conectate în triunghiu, cu cuplaje externe și interne, este echivalent cu trei elemente active conectate în stea, fără cuplaje interne, dar cu cuplaje externe. Elementul (10) este complet determinat prin mărimile exprimate de ecuațiile de transformare:

$$\overline{E}_{10} = \frac{\overline{\mathfrak{Y}}_{23}}{\Sigma\,\overline{\mathfrak{Y}}_{12}\,\overline{\mathfrak{Y}}_{23}}[(\overline{Y}^{12}_{12} - \overline{Y}^{12}_{31})\,\overline{E}_{12} +$$

$$+ (\overline{Y}^{23}_{12} - \overline{Y}^{23}_{31})\,\overline{E}_{23} + (\overline{Y}^{31}_{12} - \overline{Y}^{31}_{31})\,\overline{E}_{31}] \tag{74}$$

$$\overline{U}_{10} = \frac{\overline{\mathfrak{Y}}_{23}}{\Sigma\,\overline{\mathfrak{Y}}_{12}\,\overline{\mathfrak{Y}}_{23}}[(\overline{Y}^{12}_{12} - \overline{Y}^{12}_{31})\,\overline{E}_{12} +$$

$$+ (\overline{Y}^{23}_{12} - \overline{Y}^{23}_{31})\,\overline{E}_{23} + (\overline{Y}^{31}_{12} - \overline{Y}^{31}_{31})\,\overline{E}_{31}] \tag{75}$$

$$\bar{I}_{10} = \bar{I}_{12} - \bar{I}_{31} \tag{76}$$

$$\bar{Z}_{10} = \frac{1}{\bar{Y}_{10}} = \frac{\sum \bar{\mathcal{Y}}_{12}\,\bar{\mathcal{Y}}_{23}}{\bar{\mathcal{Y}}_{23}} \tag{77}$$

$$\bar{Z}^{(rs)}_{e(10)} = \frac{\bar{\mathcal{Y}}_{23}}{\sum \bar{\mathcal{Y}}_{12}\,\bar{\mathcal{Y}}_{23}} [(\bar{Y}^{12}_{12} - \bar{Y}^{12}_{31})\,\bar{Z}^{(rs)}_{(12)e} +$$

$$+ (\bar{Y}^{23}_{12} - \bar{Y}^{23}_{31})\,\bar{Z}^{(rs)}_{(23)e} + (\bar{Y}^{31}_{12} - \bar{Y}^{31}_{31})\,\bar{Z}^{(23)}_{(31)e}] \tag{78}$$

în care:

$$\bar{\mathcal{Y}}_{12} = \bar{Y}^{12}_{12} - \bar{Y}^{23}_{12} - \bar{Y}^{31}_{12} + \bar{Y}^{31}_{23}. \tag{79}$$

d) *Teorema transformării triunghi-stea* (elementele se cunosc ca impedanțe). Un sistem de trei impedanțe conectate în triunghiu cu cuplaje interne și externe este echivalent cu sistemul a trei impedanțe conectate în stea, fără cuplaje mutuale interne, dar cu impedanțe mutuale față de elementele externe montajului, după formulele de transformare:

$$\bar{Z}_{10} = \frac{\bar{\mathcal{S}}_{12}\,\bar{\mathcal{S}}_{31}}{\bar{\mathcal{S}}_{\Delta 0}} - \bar{Z}^{23}_{31} \tag{80}$$

în care:

$$\bar{\mathcal{S}}_{12} = \bar{Z}^{12}_{12} + \bar{Z}^{23}_{12} + \bar{Z}^{31}_{12};\quad \bar{\mathcal{S}}_{\Delta 0} = \bar{\mathcal{S}}_{12} + \bar{\mathcal{S}}_{23} + \bar{\mathcal{S}}_{31}. \tag{81}$$

e) *Teorema transformării stea-poligon.* Generalizînd teorema transformării stea-triunghiu, prin aplicarea transformării echivalente $[\varphi]$ de forma:

$$[\varphi] = \begin{bmatrix} 1 & & & \\ & 1 & & \\ & & \ddots & \\ & & & 1 \\ -1 & -1 & \dots & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

se stabilește; un sistem de elemente active conectate în stea, cu cuplaje interne și externe, este echivalent cu structura poligonal completă cu elemente active, fără cuplaje interne, dar cu cuplaje externe. Elementul activ (ij), este complet determinat prin mărimile: $\bar{E}_{ij}$, $\bar{U}_{ij}$, I_{ij}, $\bar{Z}_{ij}$ și $\bar{Z}^{(rs)}_{e(ij)}$ exprimate în funcție de mărimile structurii stelate: $\bar{E}_{i0}$, $\bar{U}_{i0}$, $\bar{I}_{i0}$, $\bar{Z}^{i0}_{i0}$, $\bar{Z}^{j0}_{i0}$ prin:

$$\bar{E}_{ij} = \bar{E}_{i0} - \bar{E}_{j0} \tag{82}$$

$$\bar{U}_{ij} = \bar{U}_{i0} - \bar{U}_{j0} \tag{83}$$

$$\bar{I}_{ij} = \left[\frac{1}{\bar{\mathcal{Y}}_{\lambda 0}}\,\bar{\mathcal{Y}}_{i0}\,\bar{\mathcal{Y}}_{j0} - \bar{Y}^{j0}_{i0}\right] \sum_{k=0}^{n} (\bar{Z}^{k0}_{i0} - \bar{Z}^{k0}_{j0})\,\bar{I}_{k0} \tag{84}$$

$$\bar{Y}^{ij}_{ij} = \frac{1}{\bar{Z}^{ij}_{ij}} = \frac{1}{\bar{\mathcal{Y}}_{\lambda 0}}\,\bar{\mathcal{Y}}_{i0}\,\bar{\mathcal{Y}}_{j0} - \bar{Y}^{j0}_{i0} \tag{85}$$

$$\bar{Z}^{(rs)}_{e(ij)} = \bar{Z}^{(rs)}_{e(i0)} - \bar{Z}^{(rs)}_{e(j0)} \tag{86}$$

în care:

$$\bar{\mathcal{Y}}_{i0} = \sum_{j=1}^{n} \bar{Y}^{j0}_{i0};\quad \bar{\mathcal{Y}}_{\lambda 0} = \sum_{i=0}^{n} \bar{\mathcal{Y}}_{i0} = \sum_{ij=1}^{n} \bar{Y}^{j0}_{i0}. \tag{87}$$

Aplicații. a) *Formula de recurență a generatorului echivalent.* Fie rețeaua R_{pn} cu n vîrfuri, în care s-au numerotat nodurile succesiv: $1, 2, .h, .. n$. Presupunînd că pentru determinarea rețelei $R_{p(n-h)}$, s-au transfigurat succesiv nodurile $1, 2, .. h$, fie $\bar{Z}^{(h)}_{ij}$ impedanța elementului (ij), după contractarea structurii stelate (h). Forța electromotoare $\bar{E}^{(h)}_{ij}$ și impedanța $\bar{Z}^{(h)}_{(ij)}$, au valorile:

$$\bar{E}^{(h)}_{ij} = \frac{\bar{Z}^{(h-1)}_{ij}\,\bar{E}^{(h-1)}_{0}\,(\bar{E}^{(h-1)}_{ih} - \bar{E}^{(h-1)}_{jh}) + \bar{Z}^{(h-1)}_{ih}\,\bar{Z}^{(h-1)}_{jh}\,\bar{E}^{(h-1)}_{ij}}{\bar{Z}^{(h-1)}_{ij}\,\bar{Z}^{(h-1}_{0} + \bar{Z}^{(h-1)}_{jh}\,\bar{Z}^{(h-1)}_{hi}} \tag{88}$$

$$\bar{Z}^{(h)}_{ij} = \frac{\bar{Z}^{(h-1)}_{ij}\,\bar{Z}^{(h-1)}_{hj}\,\bar{Z}^{(h-1)}_{hi}}{\bar{Z}^{(h-1)}_{ij}\,\bar{Z}^{(h-1)}_{0}\,\bar{Z}^{(h-1)}_{hj}\,\bar{Z}^{(h-1)}_{hi}}. \tag{89}$$

b) *Reducerea schemelor monofilare a generatoarelor cu conexiune radială.* În lucrările clasice se indică expresia generatorului echivalent al unei conexiuni radiale, numai în regim trifazat și simetric.

Pentru cazul general al regimului dezechilibrat, teoremele de transformare permit stabilirea formulelor de echivalență:

— Un sistem de n generatoare dezechilibrate și cu conexiunea fazelor în stea, montate în paralel (schema radială fig. 7), este echivalent

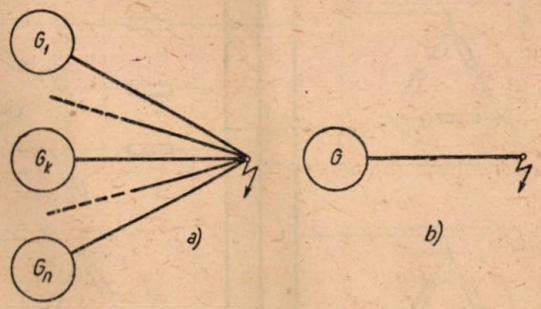


Fig. 7. Scheme monofilare ale generatoarelor:
a – conexiune radială; *b* – generator echivalent.

cu generatorul cu conexiunea fazelor în triunghi, avînd parametrii:

$$\bar{E}_{12} = \frac{\sum_{k=1}^{n} (\bar{E}^{k}_{10} - \bar{E}^{k}_{20})\,\bar{Y}^{k}_{12}}{\sum_{k=1}^{n} \bar{Y}^{k}_{12}} =$$

$$= \frac{\sum_{k=1}^{n} \dfrac{(\bar{E}^{k}_{10} - \bar{E}^{k}_{20})\,\bar{Z}^{k}_{30}}{\bar{Z}^{k}_{10}\,\bar{Z}^{k}_{20} + \bar{Z}^{k}_{20}\,\bar{Z}^{k}_{30} + \bar{Z}^{k}_{30}\,\bar{Z}^{k}_{10}}}{\sum_{k=1}^{n} \dfrac{\bar{Z}^{k}_{30}}{\bar{Z}^{k}_{10}\,\bar{Z}^{k}_{20} + \bar{Z}^{k}_{29}\,\bar{Z}^{k}_{30} + \bar{Z}^{k}_{30}\,\bar{Z}^{k}_{10}}} \tag{90}$$

$$\bar{U}_{12} = \bar{U}^{k}_{10} - \bar{U}^{k}_{20} \tag{91}$$

$$\bar{I}_{n} = \sum_{k=1}^{n} \bar{I}^{k}_{12} = \sum_{k=1}^{n} \frac{\bar{Z}^{k}_{30}\,(\bar{Z}^{k}_{10}\,\bar{I}^{k}_{10} - \bar{Z}^{k}_{20}\,\bar{I}^{k}_{20})}{\bar{Z}^{k}_{10}\,\bar{Z}^{k}_{20} + \bar{Z}^{k}_{20}\,\bar{Z}^{k}_{30} + \bar{Z}^{k}_{30}\,\bar{Z}^{k}_{10}} \tag{92}$$

$$\bar{Y}^{k}_{12} = \sum_{k=1}^{n} \frac{\bar{Z}^{k}_{30}}{\bar{Z}^{k}_{10}\,\bar{Z}^{k}_{20} + \bar{Z}^{k}_{20}\,\bar{Z}^{k}_{30} + \bar{Z}^{k}_{30}\,\bar{Z}^{k}_{20}} \tag{93}$$

și analogele.

— Un sistem de n generatoare dezechilibrate și cu conexiunea fazelor în triunghi montate

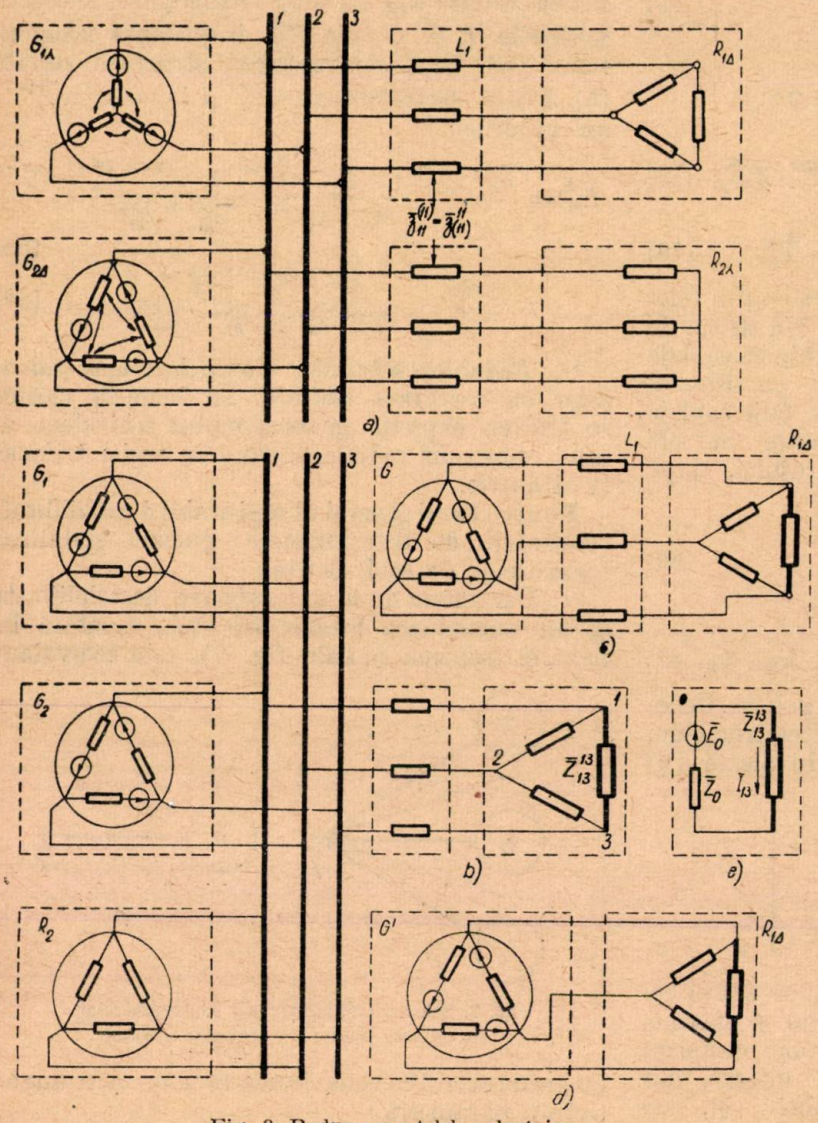


Fig. 8. Reducerea rețelelor electrice.

în paralel, este echivalent cu generatorul cu conexiunea fazelor în triunghi :

$$\overline{E}_{12} = \frac{\Sigma\, \overline{E}^k_{12}\, \overline{Y}^k_{12}}{\Sigma\, \overline{Y}^k_{12}} \qquad (94)$$

$$\overline{U}_{12} = \overline{U}^k_{12} \qquad (95)$$

$$\overline{I}_n = \sum_{k=1}^{n} \overline{I}^k_{12} \qquad (96)$$

$$\overline{Y}_{12} = \sum_{k=1}^{n} \frac{1}{\overline{Z}^k_{12}} \qquad (97)$$

c) *Scurtcircuite în rețele.* Două generatoare trifazate $G_{1\lambda}$ și $G_{2\Delta}$ debitează în paralel pe sarcinile $R_{1\Delta}$ și $R_{2\lambda}$. Pentru generalitate, se va presupune că generatoarele sînt dezechilibrate. Se cere să se determine curentul de scurtcircuit prin elementul (13) al sarcinii $R_{1\Delta}$, știind că între firul *3* al primei linii și firul *1* al liniei a doua, există cuplaj (fig. 8, *a*). În acest scop trebuie determinat dipolul referitor la scurtcircuit. Sarcina $R_{2\lambda}$ împreună cu linia, fiind o structură stelată, poate fi considerată ca un generator cu elemente pasive care împreună cu $G_{1\lambda}$ și $G_{2\Delta}$ se găsesc în conexiune radială (fig. 8, *b*). Formulele (35), (58), (82) permit determinarea generatorului echivalent din fig. 8 *c*. În continuare, transfigurînd generatorul G_Δ în G_λ inclusiv elementele liniei L_1, se obține de asemenea prin transfigurare, schema din fig. 8, *e*, din care se deduc imediat elementele generatorului echivalent.

8. Concluzii

— Calculul matricial soluționează problema generală a transformării rețelelor electrice. Fiind dată o rețea electrică de referință, se pot obține infinit de multe rețele similare, prin aplicarea unei transformări, definită de matricea funcționalei de echivalență [φ]. În cazul particular al rețelelor deschise, în care problema rezidă în determinarea schemelor echivalente referitor la accese — transformarea echivalentă are forma (17).

— De asemenea aplicarea calculului matricial, conduce la formularea transfigurărilor pentru structurile electrice de forma cea mai complexă — rețele active cu elemente cuplate.

— Dacă sub forma clasică, teoremele de transfigurare, limitate numai la cazurile particulare ale structurilor pasive și fără cuplaje constituie numai o soluționare parțială a problemei, — calculul matricial permite stabilirea teoremelor de transfigurare pe considerații topologice. În timp ce sub forma clasică se urmăresc prin transformare numai mărimile pasive ale elementelor — teoremele transfigurărilor topologice sistematizează transformările rețelelor, fiecare element transformat fiind complet definit în funcție de mărimile elementului primitiv ; active (E, U, I) și pasive (Z, Y).

— Formulele de transformare au semnificații remarcabile : de ex. în transformarea stea-triunghiu, structura stelată a trei elemente $\overline{Z}^{i0}_{i0}$ cu impedanțe mutuale $\overline{Z}^{j0}_{i0}$, este echivalentă cu o structură stelată fără impedanțe mutuale $\overline{Z}_{i0}$.

Se recunoaşte imediat că teoremele de transformare, păstrează prin impedanţe şi admitanţe echivalente $\overline{\mathfrak{Z}}_\lambda$, $\overline{\mathfrak{Z}}_\Delta$, $\overline{\mathfrak{Y}}_\lambda$, $\overline{\mathfrak{Y}}_\Delta$ aceleaşi forme de exprimare, ca în transfigurările clasice.

— Aplicarea teoremelor generale ale transfigurărilor soluţionează direct problema dipolului Thevenin-Norton. În timp ce prin procedeul clasic pentru calculul f.e.m. $\overline{E}_0$ a generatorului echivalent, este necesar soluţionarea unui sistem de ecuaţii liniare, iar pentru calculul impedanţei $\overline{Z}_0$, metoda transfigurării, izomorfismul structurilor electrice determină simultan parametrii $\overline{E}_0$ şi $\overline{Z}_0$, prin transfigurări. Metoda propusă constituie totodată şi o metodă de calcul a reţelelor, deoarece parcurgînd reţelele R_{p2}, R_{p3},... R_{pn} în sens invers, se soluţionează repartiţia curenţilor şi tensiunilor în reţeaua dată. De remarcat, că în ce priveşte problema generatorului echivalent, nu interesează decît transformările serie, paralel şi stea-poligon, inversa neintervenind în contracţia reţelelor.

— Posibilitatea transfigurării structurilor cu conexiuni diferite, permite pasivizarea multipolilor. Un multipol activ, poate fi pasivizat prin exteriorizarea surselor pe conexiunile acceselor. În particular studiul cuadripolului activ se reduce prin exteriorizarea surselor, la studiul cuadripolului pasiv.

— S-a utilizat de autor, noţiunea de element izomorf, similar cu noţiunea de element echivalent. S-a demonstrat [5], că studiul reţelelor electrice pe consideraţii topologice, prezintă avantaje remarcabile, definind structurile electrice prin analogie cu structurile topologice, în care legile de compoziţie externe şi interne, formulate axiomatic pentru varietăţile *n* dimensionale, se regăsesc în ecuaţiile matriciale fundamentale (1—2). Analogia conduce la enunţarea izomorfismului reţelelor electrice a cărui bază fizică e principiul de conservare a puterilor.

Bibliografie

[1] *Kuratowski I.*: La topologie, Varşovia 1947
[2] *Montgomery L.*: Topological transformation, Londra 1950.
[3] *Mocanu C.*: O teoremă în studiul reţelelor electrice prin calcul matricial. Studii şi cercetări de energetică, VI, (1956) 4.
[4] *Mocanu C.*: Cercetări asupra topologiei reţelelor electrice, Bul. A.M.T., 2,(1956), 2, p.
[5] *Mocanu C.*: Izomorfismul structurilor electrice, Bul. A.M.T. 3(1957), 1 p.

Transformatoare de mare putere şi de înaltă tensiune

GHEORGHE HORTOPAN — Bucureşti *)

Construcţia transformatoarelor de putere a evoluat o dată cu creşterea necesităţii de transmisie pe linii de înaltă tensiune a unor puteri din ce în ce mai mari. Au apărut probleme noi specifice transformatoarelor de mare putere şi de înaltă tensiune. Lucrarea conţine o trecere în revistă, documentată, a acestor probleme. Astfel se analizează problemele referitoare la construcţia miezului magnetic, zgomotul, izolaţia, solicitarea la impuls etc.

CZ. 621.314.222—181.2

Transformatorul este un aparat static. Necesitatea existenţei sale este cunoscută încă din anul 1891 cînd s-a realizat de către D. Dobrovolski primul transport de energie electrică de la Laufen la Frankfurt am Main. Ţinînd seamă de vechimea s-a ca piesă electrică apare o întrebare directă: Ce mai poate fi nou în acest domeniu? Răspunsul la această întrebare este legat de mărirea apreciabilă a puterilor instalate în centrale electrice şi de cantitatea de energie transportată, la tensiuni foarte înalte, în zilele noastre. Astfel alimentarea liniei de transport de energie de 400 kV Kuibîşev-Moscova se face prin intermediul unor transformatoare bloc cu generatorul de 370 MVA în unităţi monofazate de 370/3 MVA [1]. În S.U.A. este în construcţie un transformator trifazat de 315 MVA [2].

De la început se poate spune că construcţia transformatoarelor de puteri mari s-au complicat. Această complicaţie este cauzată atît de condiţiile de exploatare: *siguranţă în funcţionarea, supraveghere redusă la minimum, randament ridicat*, dar şi de evoluţia tehnologiei materialelor folosite în construcţie [3].

Astfel, ca o cerinţă ca transformatorul să reziste la supratensiunile atmosferice, s-a introdus în mod curent încercarea la impuls a transformatoarelor de mare putere. Acest lucru a condus la soluţii, pentru izolaţii, de concepţii noi. Tolele cu pierderi de 0,9 la 1 W/kg cu cristale neorientate şi cu tolele cu pierderi de 0,6 W/kg cu *cristale orientate* sînt astăzi introduse pe scară industrială în fabricaţia transformatoarelor de mare putere. Folosirea tolelor cu pierderi reduse a condus la forme constructive noi pentru miezul magnetic.

Limita de putere şi *zgomotul* produs de transformatoare sînt probleme specifice ale transformatoarelor mari. În legătură cu problemele enunţate, autorul îşi propune să expună, pe baza datelor din literatură, particularităţile transformatoarelor de mare putere privind, miezul magnetic, izolaţia şi domeniile de cercetare.

Miezul mangnetic

Tola folosită pentru construcţia transformatoarelor mari este caracterizată prin pierderi reduse şi curent de magnetizare mic.

*) Ing. Gh. Hortopan este inginer la Institutul de Cercetări Electrotehnice din Bucureşti.

În prezent, pentru transformatoarele mari se folosesc două calități de tolă, și anume : tola laminată la cald cu pierderi $p_{10} = 1$ W/kg, $p_{15} = 2{,}5$ W/kg și tola laminată la rece cu cristale orientate cu $p_{10} = 0{,}6$ W/kg și $p_{15} = 1{,}1$ W/kg. În ultimul timp s-a obținut tola laminată la rece cu $p_{10} = 0{,}48$ W/kg [4]. Cifrele indicate se referă la încercarea tolei în aparat. În fig.1 se arată, extrase din literatură [3], caracteristicile tolelor laminate la cald și la rece. Trebuie menționat faptul că pierderile măsurate în aparatul Epstein diferă de pierderile măsurate la transformatoarele gata fabricate. Deși tola laminată la rece are parametri mai buni, la măsurarea pe eprubetă în direcția de laminare, totuși tola laminată la cald se menține în construcția transformatoarelor mari din următoarele motive :

1. Sporul de pierderi în direcție transversală laminării, față de direcția longitudinală este apreciabil mai mic decît la tola laminată la rece. Acest lucru este important, în construcția transformatorului, la colțuri și la găurile pentru trecerea buloanelor de strîngere a pachetului de tole, unde fluxul magnetic nu mai străbate tola după direcția de laminare.

2. Sporul de pierderi la prelucrarea mecanică a tolelor laminate la cald este apreciabil mai mic decît al tolelor laminate la rece [4]. Alegerea tipului de tolă folosit este determinată de considerații economice, dat fiind că în Europa nu se fabrică încă tole laminate la rece pe scară mare, dar și de condiții de gabarit și de transport.

In S.U.A. și în alte țări din Europa (Belgia) există tendința de folosire exclusivă a tolelor laminate la rece cu cristale orientate. Întreprinderile constructoare motivează astfel această tendință [5] :

— *Curentul de anclașare mai mic.* În ipoteza că tensiunea care se aplică unui transformator este o mărime sinusoidală, pentru primarul transformatorului, rezultă :

$$\sqrt{2}\,U \sin(\omega t + \lambda) = R_1 i + n_1 \frac{\mathrm{d}\varphi}{\mathrm{d}t}. \qquad (1)$$

Prin integrare, se obține :

$$\varphi = -\frac{\sqrt{2}U}{\omega n_1}\cos(\omega t + \lambda) - \frac{R_1}{n_1}\int i_1\,\mathrm{d}t + C. \qquad (2)$$

În relațiile (1) și (2) s-au făcut următoarele notații :

U este tensiunea eficace aplicată primarului ;
R_1 — rezistența înfășurării primare ;
i — valoarea momentană a curentului de gol ;
φ — valoarea momentană a fluxului total care străbate primarul transformatorului ;
n_1 — numărul de spire din primar ;
C — constanta de integrare.

Trebuie menționat că în rezolvarea relației (2), trebuie să se țină seamă de faptul că φ nu este proporțional cu i, adică inductanța L a circuitului nu este constantă din cauza fenomenului de saturație a circuitului magnetic. În momentul anclanșării $t = 0$; $i = 0$, se

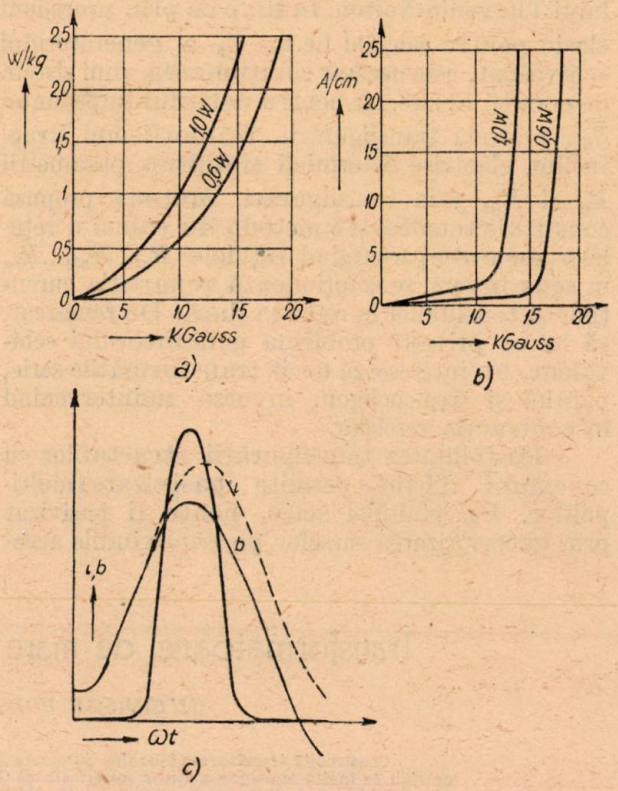


Fig. 1. Privind circuitul magnetic :
a – pierderile pentru tole laminate la cald 1,0 W și cele laminate la rece 0,6 W [3] ; *b*-curentul de magnetizare în A/cm [3] ; *c*-curentul de anclanșare *i* și inducția *b*, curba punctată pentru *b* fără considerarea rezistenței [6].

poate admite existența unui flux remanent φ_R și, deci, din relația (2) se obține :

$$\varphi_R = -\frac{\sqrt{2}U}{\omega n_1}\cos\lambda + C$$

sau

$$C = \varphi_R + \frac{\sqrt{2}U}{\omega \cdot n_1}\cos\lambda,$$

relația (2) devine :

$$\varphi = \varphi_R + \frac{\sqrt{2}U}{\omega n_1}\left[\cos\lambda - \cos(\omega t + \lambda)\right] - \frac{R_1}{n_1}\int i\,\mathrm{d}t. \qquad (3)$$

Cu această relație, ținînd seamă de curba de magnetizare reală se poate trasa prin puncte $i = f(t)$, ca în fig.1,*c* [6].

Prin folosirea tolelor laminate la rece fluxul remanent φ_R este practic nul. Astfel că se diminuează și curentul de anclanșare.

— *Curentul de gol.* Din fig. 1 rezultă că deși inducția poate fi sporită, la tolele laminate la rece, pînă aproape de 16.10^3 Gauss, curentul de gol rămîne inferior curentului de gol, chiar

pentru inducţii mai reduse, la tola laminată la cald. Pentru tolele laminate la rece nu mai este valabilă relaţia lui Steinmetz pentru pierderile prin histerezis, exponentul 1,6 fiind înlocuit cu un exponent între 2 şi 3, adică :

$$P_h = K_1 f \cdot B^n ; \; n = 2 \ldots 3. \qquad (4)$$

Pierderile prin curenţi Foucault se menţin conform relaţiei cunoscute :

$$P_f = k_2 f^2 B^2. \qquad (5)$$

Din cauza curentului de magnetizare redus, se reduc în valoarea absolută şi armonicele curentului de magnetizare. Reducerea consumului de energie reactivă şi reducerea fenomenelor deformante au astfel un efect favorabil asupra funcţionării reţelelor electrice.

— *Zgomotul transformatoarelor* are influenţă defavorabilă asupra conservării etanşării sudurilor şi asupra îmbinărilor mecanice. În plus, zgomotul este dezagreabil pentru personalul de serviciu. Zgomotul la transformatoare este produs de fenomenul de magneto-stricţiune al tolei. Alungirea tolei este de forma :

$$\frac{\Delta L}{L} = k B^{2,5} \qquad (6)$$

deci creşte puternic cu inducţia. Grija constructorilor este de a realiza un circuit magnetic cu o frecvenţă proprie de oscilaţie mecanică superioară frecvenţei fundamentale de 100 Hz. Zgomotul produs de transformatoare este reglementat de standardele NEMA [7] în care se fixează nivele cuprinse între 73 pînă la 87 dB la transformatoare cu puteri variind între 8 001 şi 106 667 kVA. Tola laminată la rece, din cauza structurii sale cristalografice, are o magnetostricţiune inferioară tolei normale. La magnetostricţiunea egală tola laminată la rece poate suporta o inducţie cu 10% mai mare decît tola normală. Construcţia de transformatoare cu tole de lungimi relativ reduse (în manta îmbricat) este mai indicată, din punctul de vedere al zgomotului, decît construcţia cu coloane înalte.

Folosirea tolei laminate la rece a fost introdusă în Europa, ca licenţă din S.U.A., şi ca urmare această tolă este mai scumpă decît cea normală. În afară de întreprinderile care lucrează cu licenţă, tola laminată la rece este folosită numai la transformatoarele de puterile cele mai mari unde intervin aceste probleme la gabarit, greutate şi transport.

Transformatoare monofazate sau transformatoare trifazate

În ultimul timp siguranţa în exploatarea transformatoarelor a crescut considerabil astfel că tendinţa este de a se construi cît mai multe transformatoare trifazate. În Europa, unităţile mari trifazate pînă la 200 MVA se realizează sub formă de transformatoare mobile pe cale ferată [8]. Transformatoare monofazate se folosesc la puteri limită. Astfel transformatoarele monofazate destinate liniei de transport Kuibîşev-Moscova au putere unitară de 370/3 MVA [9]. Transformatoarele monofazate se mai folosesc în regiuni muntoase, unde problemele de transport, gabarit şi greutate sînt dificile şi este exclusă posibilitatea transportului pe cale ferată [10]. În S.U.A., în perioada 1930—1935, numai 20% din totalul transformatoarelor mari fabricate anual erau trifazate, în timp ce, în intervalul 1945—1952, procentul acestor transformatoare s-a ridicat la 70% [3].

Coloana cu tole dispuse radial. Această construcţie a fost introdusă pe scară largă în Elveţia

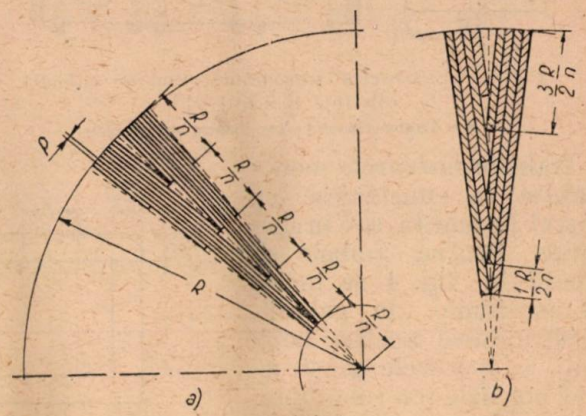


Fig. 2. Coloana cu tole radiale [10] :
a — construcţia normală ; *b* —o mai bună folosire a suprafeţei.

la transformatoarele staţionare dar şi la transformatoarele pe locomotivele electrice [10] unde se cere o reducere la minimum a gabaritului. Realizarea transformatoarelor cu coloane formate din tole dispuse radial constituie o oarecare complicaţie tehnologică, dar în condiţii de gabarit impuse reprezintă o soluţie. Transformatoarele cu tole radiale se fabrică în execuţie monofazată şi trifazată.

Fig. 2 indică modul de construcţie a coloanei cu tole radiale [10]. Coloana este constituită de un mare număr de sectoare, fiecare din aceste sectoare fiind constituit din tole de diferite lăţimi, asociate pe pachete, orientate radial. Tola cea mai lată are lăţimea $R/n\,(n-1)$ iar cea mai puţin lată R/n. Pentru transformatoarele mari $n > 5$ şi se prevede în centrul coloanei un gol cilindric cu raza $r = 2\ R/n$, în scopul introducerii prin acest gol a unui cilindru suport de oţel. Pentru a folosi mai complet secţiunea disponibilă a sectorului se preferă dispoziţia din fig. 2, *a* unde la unul din două sectoare, lăţimea tolelor se majorează la $R/2\ n$, cu excepţia tolei celei mai late. În cazul folosirii lacului pentru izolarea tolelor coeficientul total de folosire a secţiunii circulare este de circa 0,76, adică apropiat de acelaşi coeficient în cazul împachetării tolelor în straturi. Culasele pentru închiderea circuitului magnetic în afara coloanelor

sînt de tipul [, de tip plat, de tip I, precum şi combinaţii din acestea. Modul de prindere al culasei [este indicat în fig. 3, *a*. Modul de prindere al culasei de tip plat la transformatoarele trifazate este indicat în fig. 3, *b* şi *c*.

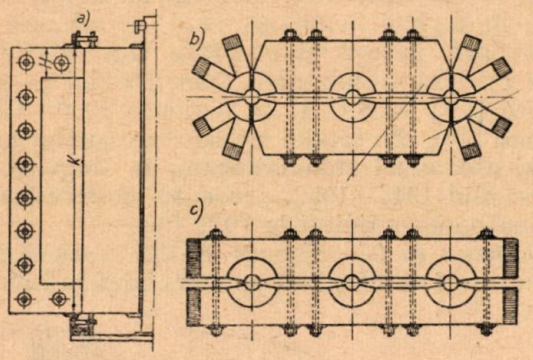


Fig. 3. Construcţia transformatorului cu coloană din tole radiale [10]:
a – fixarea culasei]; *b,c* – fixarea culasei plate.

Transformatoarele monofazate se construiesc cu fierul în manta, sau în sîmbure. Pentru ambele situaţii în fig. 4 se indică dimensiunile de gabarit, păstrîndu-se acelaşi bobinaj, în ipotezele construcţiei normale (cu tole suprapuse) şi a construcţiei cu tole radiale. Folosirea construcţiei cu tole dispuse radial, are drept efect atît micşorarea înălţimii totale miezului magnetic cît şi reducerea cantităţii de oţel magnetic. Această reducere rezultă din micşorarea liniei medii pentru închiderea fluxului magnetic, ca urmare a creşterii numărului de căi de închidere. Transformatorul monofazat cu tole radiale, cu o singură coloană (fig. 4, *b*) prezintă avantaje maxime, faţă de construcţia clasică, deoarece cere forma rotundă pentru cuva de ulei şi astfel se evită nervurile de întărire şi pereţii groşi ai cuvei, care nu este rotundă. Pentru acest transformator monofazat împărţirea fierului activ în două jumătăţi este favorabilă atît din punctul de vedere al răcirii fierului cît şi pentru a se crea spaţii pentru extragerea capetelor de bobine.

Transformatoarele trifazate se construiesc aşa cum se indică în fig. 5 în trei variante : 3 coloane, 5 coloane şi 5 coloane cu culasă plată cu închidere cu piese [sau I. Ultima construcţie necesită coloanele construite din tole dispuse radial. Din fig. 5 rezultă avantajul transformatorului cu coloane din tole dispuse radial, în ce priveşte înălţimea miezului de fier şi reducerea greutăţii de fier activ. Calculele arată [11] o economie de fier la transformatoarele trifazate de 9% în cazul raportului $L/D = 2$ şi de 14% pentru raportul $L/D = 1$ folosit în cazul transformatoarelor pe locomotiva electrică. S-a notat cu L lungimea coloanei şi cu D diametrul coloanei.

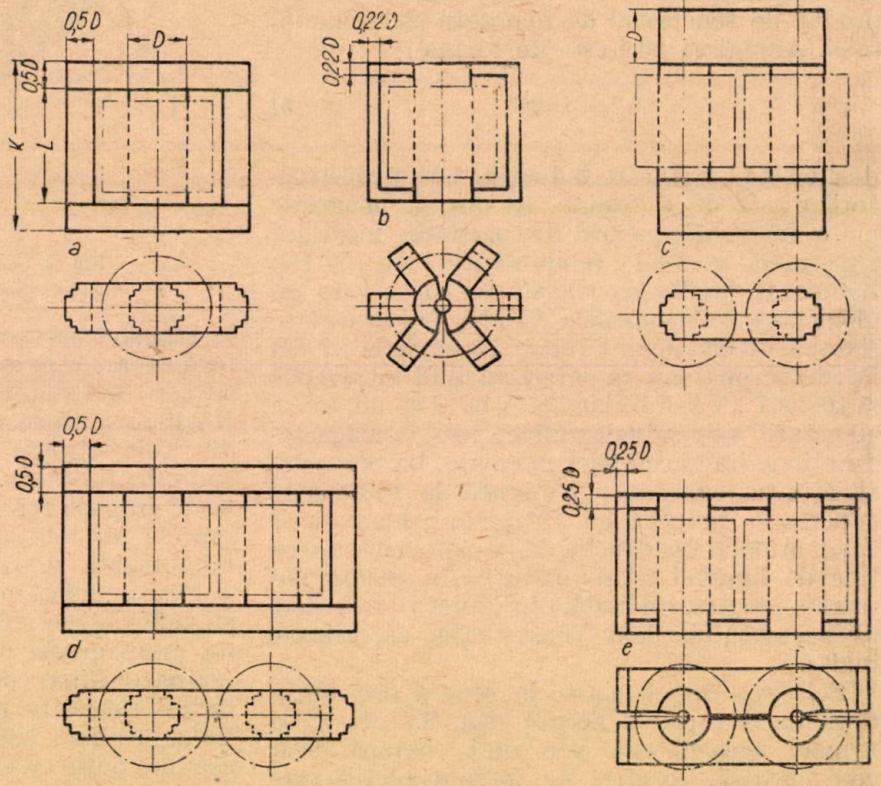


Fig. 4. Gabaritele fierului transformatoarelor monofazate cu $L = 2{,}5$ m şi $D = 1{,}2$ m [10]:
a – tipul în manta, cu tole suprapuse; *b* – tipul în manta, cu tole radiale; *c* – tipul sîmbure, bobinat pe două coloane; *d* – tipul cu patru coloane cu tole suprapuse, *c* – bobinat pe două coloane; *e* – tipul cu patru coloane cu tole radiale bobinat pe două coloane.

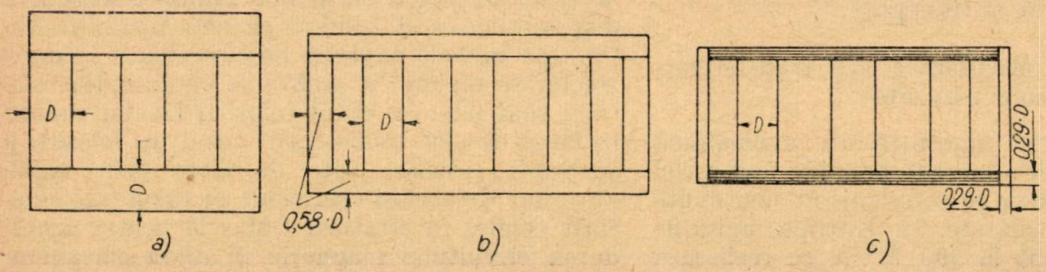


Fig. 5. Gabaritele fierului transformatoarelor trifazate [11]:
a – tipul sîmbure, cu tole suprapuse: *b*-tipul cu cinci coloane, cu tole suprapuse; *c*-tipul cu cinci coloane, cu tole radiale.

În practica americană [2] se utilizează construirea miezului magnetic de tip manta atît pentru execuţia monofazată cît şi trifazată. Utilizarea tolelor laminate la rece, reclamă împachetarea tolelor după un unghi de 45°. În fig. 6 s-a indicat modul de împachetare al to-

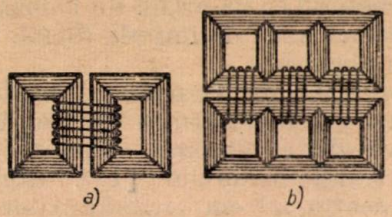


Fig. 6. Construcţia fierului la transformatoarele cu manta [5] cu tole orientate :
a — monofazat ; *b*-trifazat.

lelor pentru execuţia monofazată şi trifazată. Se consideră ca limită economică pentru trecerea de la transformatorul cu coloane normale la transformatorul în manta, cu bobinaj îmbricat, puterea de 6 000 kVA [2]. În ambele cazuri se foloseşte tola laminată la rece.

Infăşurări şi izolaţie

Dispoziţia înfăşurărilor şi modul de izolare a înfăşurărilor între ele şi faţă de fier (masă) sînt dictate de necesitatea unei bune comportări la încercările de impuls la unda normală şi unda tăiată. Necesitatea de a repartiza cît mai uniform tensiunea de impuls pe întreg bobinajul a determinat pe constructori să adopte felurite dispoziţii constructive. Menţionăm că pentru încercarea transformatoarelor de foarte înaltă tensiune, 380 kV,este necesară o tensiune de 1 775 kV de forma 1/50 μs. Această tensiune urmează a se repartiza pe circa 1 m de coloană bobinată [12]. Dispoziţiile constructive sînt următoarele :

Bobinaj cilindric. Acest bobinaj cunoscut de multă vreme a fost substanţial îmbunătăţit în U.R.S.S., în ce priveşte buna comportare la unda de impuls. În fig. 7 se indică dispoziţia izolaţiei pentru un transformator de 110 kV [13]. La cele două extremităţi bobina de înaltă tensiune se termină cu inele de gardă. De asemenea primele rînduri de bobine sînt prevăzute cu ecrane, legate în acelaşi potenţial cu inelul de gardă. Se realizează astfel pentru galeţii de intrare o capacitate serie mai mare, ceea ce are efect favorabil asupra repartiţiei tensiunii pe aceşti galeţi. Izolaţia între bobinele de joasă şi înaltă tensiune este formată din tuburi de pertinax. Tensiunea de conturnare este menţinută la valoarea necesară prin inele răsfrînte şi bariere din carton. O asemenea construcţie avînd ambele capete ale bobinei de înaltă tensiune izolate pentru tensiunea plină, se indică în instalaţiile cu neutrul izolat.

Bobinajul cilindric cu borna de înaltă tensiune la centru. Acest tip de bobinaj este utilizabil numai în cazul sistemelor energetice cu neutrul legat la pămînt. Bobinajul transformatorului constă din două înfăşurări, conectate în paralel, bobinate în sens invers. Punctul neutru care se

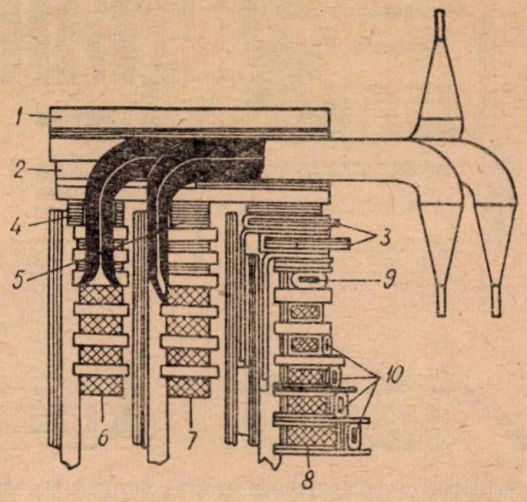


Fig. 7. Bobinajul unui transformator cu 3 înfăşurări [13] :
1, 2, 3, 4, 5-izolaţii ; *6, 7, 8*— bobinaje ; *9*, inel de gardă ; *10*-ecrane.

leagă la pămînt este constituit de extremităţile bobinajului dinspre fier. Borna de înaltă tensiune se racordează la mijlocul bobinajului. Fig. 8 indică acest tip de bobinaj [14]. În mod natural tipul acesta de bobinaj se comportă rău la impuls din cauza capacităţii serie reduse. Îmbunătăţirea repartiţiei tensiunii se obţine o dată cu mărirea capacităţii serie, prin gradarea izolaţiei bobinelor şi conductoarelor şi printr-un cuplaj capacitiv foarte strîns al bobinelor de la intrare, cu intrarea de înaltă tensiune.

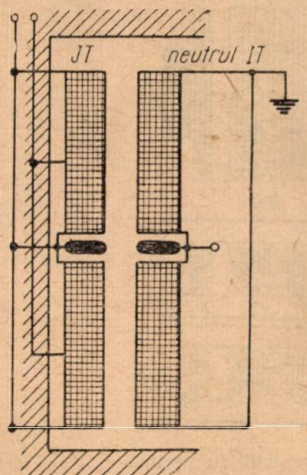


Fig. 8. Dispoziţia bobinajelor la transformatorul de 380 kV cu intrarea la centrul coloanei [14].

Bobinajul în straturi. Acest tip de bobinaj este dezvoltat în R.D.G. ca urmare a bunei comportări la unda de impuls. Capacitatea serie, mare ca valoare, asigură o repartiţie favorabilă a tensiunii pe straturi [15], prin prevederea de ecrane la intrarea şi ieşirea din bobinajul de înaltă tensiune. În fig. 9 se indică schematic acest bobinaj. O atenţie deosebită trebuie acordată rezistenţei la scurtcircuit, deoarece bobinajele nu sînt repartizate uniform pe coloană, din această cauză bobinajele trebuie să fie bine înţepenite în raport cu fierul. O altă dificultate constă în stăpînirea diferenţei de potenţial care

există între straturi şi între straturi şi fier. Necesitatea de a păstra distanţele cuvenite la străpungere şi conturnare reduc factorul de umplere al ferestrei transformatorului.

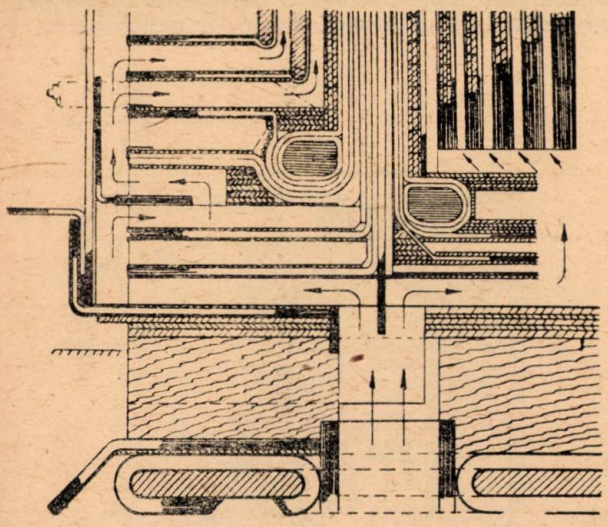


Fig. 9. Dispoziţia bobinajului în straturi, numai înfăşurările de tensiune înaltă. Săgeţile indică direcţiile de circulaţie a uleiului [15].

Bobinajul îmbricat. Acest bobinaj este aplicat de Westinghouse în S.U.A. şi după patentul acestei firme de ACEC în Belgia [3], [5]. Bobinajul îmbricat se foloseşte pe miezurile magnetice din tole laminate la rece în execuţie manta şi după o tehnologie deosebită. În fig. 10 se

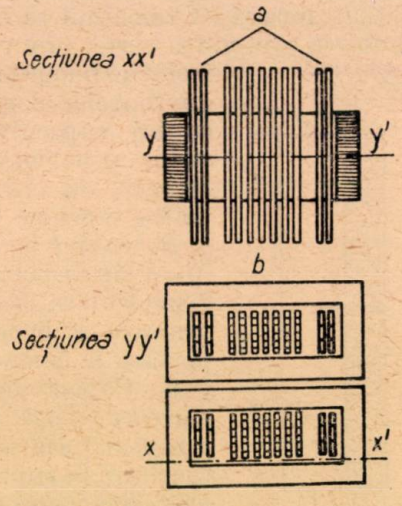


Fig. 10. Transformatorul în manta îmbricat [5] :
a – tensiunea mai joasă ; *b*]– tensiunea înaltă.

indică schematic aşezarea acestui bobinaj pe miezul magnetic al unui transformator monofazat. Bobinajul îmbricat reprezintă forma simplificată la maximum a bobinajului în galeţi alternaţi.

Conductorul este bobinat pe latura mică, pentru a reduce pierderile suplimentare şi cedează căldura pe latura mare. Bobinele sînt dispuse vertical, în timp ce miezul este dispus orizontal. Între înfăşurări, de o parte şi între fiecare înfăşurare şi masă (fier) de altă parte, sînt montate bariere, corniere şi profile izolante. Bobinajul este caracterizat de capacităţi serie mari, ceea ce este indicat pentru repartiţia corectă a tensiunii în cazul supratensiunilor atmosferice. Transformatorul cu un astfel de bobinaj rezistă încercărilor la unda de impuls tăiată, conform normelor americane.

Reglajul tensiunii. Transformatoarele pentru 380 kV nu pot fi construite cu un dispozitiv direct de reglaj al tensiunii, montat în aceeaşi cuvă a transformatorului [14]. Reglajul pe punctul neutru într-un transformator separat de reglaj, ca în fig. 11, este indicat. Înfăşurarea

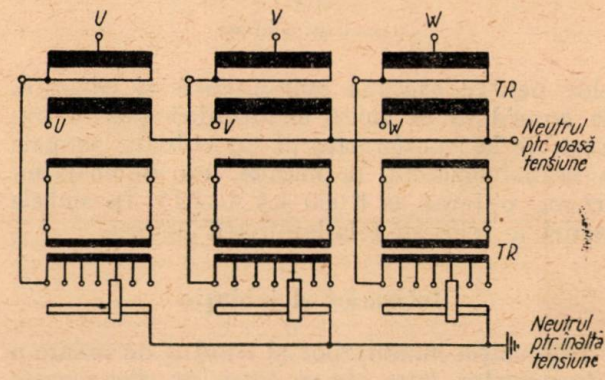


Fig. 11. Conexiunea unei grupe de transformatoare de 380 kV cu transformator de reglaj TR, conectat pe neutrul de înaltă tensiune a transformatorului principal TP [14].

de excitaţie a transformatorului de reglaj se conectează la o înfăşurare terţiară a transformatorului principal.

Probleme de cercetare

Realizarea transformatoarelor de mare putere şi înaltă tensiune a ridicat o serie de probleme de studiu şi cercetare, de a căror rezolvare depinde funcţionarea în condiţii acceptabile a sistemelor energetice.

Transformator fără armonice (curent de magnetizare sinusoidal). Întreprinderile energetice cer constructorilor de generatoare prin condiţii tehnice severe, o tensiune cît mai sinusoidală a acestor generatoare. Se constată că deşi generatoarele produc o undă sinusoidală, în diferite puncte ale unei reţele, unda de tensiune este puternic deformată. Această deformaţie este produsă în parte şi de transformatoarele, care nu au curent de magnetizare sinusoidal. Din dorinţa de a economisi material, transformatoarele de mare putere se construiesc cu inducţii de pînă la 14 000 Gauss (tolă normală) şi pînă la 16 000 Gauss (tolă laminată la rece). Curentul de magnetizare este bogat în armonicele 3, 5, 7, 9 etc. Căderile de tensiune, produse de aceste armonice de curent cauzează deformarea undei de tensiune.

Armonicele de curent produc în condiţii care pot fi îndeplinite în practică, fenomene de rezonanţă [16]. Pentru o oscilaţie în sfert de lungime de undă, la un conductor omogen, pentru frecvenţa industrială, deci $\omega_1 = 314$, lungimea

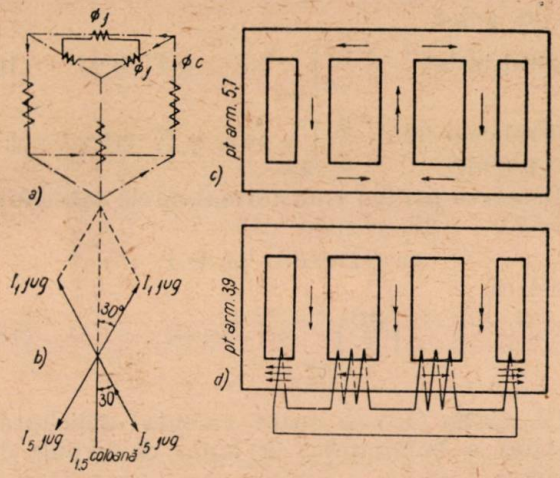


Fig. 12. Referitor la eliminarea armonicelor 3, 9...şi 5,7... :
a – conexiunea magnetică stea-triunghi; *b*-diagrama curenţilor din coloană şi jug; *c*-eliminarea armonicelor 5,7...; *d*-eliminarea armonicelor 3,9... cu bobinaj terţiar [16].

necesară rezonanţei este $l = \pi v/2\omega_1 = 1\,500$ km.

În cazul armonicii 5, lungimea liniei rezultă de 300 km, iar în cazul armonicii 7, lungimea liniei rezultă de 215 km, adică lungimi care se pot admite în practică. În aceste situaţii unda de tensiune este şi mai puternic deformată.

Aplicarea principiului conexiunii magnetice stea-triunghi la realizarea transformatoarelor trifazate de mare putere este de cea mai mare importanţă. În fig. 12 se indică acest principiu cu aplicaţie la un transformator de mare putere, trifazat cu 5 coloane. Pentru explicaţie ne imaginăm transformatorul cu 3 coloane, unite la părţile inferioară şi superioară prin juguri sub formă de triunghi. Ne închipuim fluxul din coloană Φ_c că se descompune în jug în două fluxuri Φ_j decalate ca fază cu $\pm 30°$ electric faţă de faza fluxului Φ_c din coloană. Fundamentalele curenţilor de magnetizare pentru coloane şi juguri sînt şi ele decalate ca fază cu $\pm$ 30° electric. Armonicele de ordinul 5 sînt decalate ca fază cu $\pm$ 5.30° = 150° electric, iar armonicele de ordinul 7 cu $\pm$ 7.30° = 210° electric. Pe juguri se bobinează înfăşurări conectate în triunghi închis pentru anularea armonicelor 3,9 etc.

Înfăşurarea coloanei este parcursă de curentul de magnetizare, necesar magnetizării coloanei şi celor două juguri derivate din coloană. Astfel curentul de magnetizare total $i\mu$ apare ca o sumă a curenţilor de magnetizare pe coloană i_c, pe un jug i'_j şi pe celălalt jug i''_j [17]:

$$i\mu = i_c + i'_j + i''_j =$$

$$= I_{c1}\sqrt{2}\sin\omega t + I_{c5}\sqrt{2}\sin 5\,\omega t + I_{c7}\sqrt{2}\sin 7\,\omega t +$$

$$+ I_{j1}\sqrt{2}\sin(\omega t - 30°) + I_{j5}\sqrt{2}\sin(5\,\omega t - 150°) +$$

$$+ I_{j7}\sqrt{2}\sin(7\,\omega t - 210°) + I_{j1}\sqrt{2}\sin(\omega t + 30°) +$$

$$+ I_{j5}\sqrt{2}\sin(5\,\omega t + 150°) + I_{j7}\sqrt{2}\sin(7\,\omega t + 210°).$$

Grupînd corespunzător termenii, rezultă :

$$i\mu = \sqrt{2}\,(I_{c1} + I_{j1}\sqrt{3})\sin\omega t +$$

$$+ \sqrt{2}\,(I_{c5} - I_{j5}\sqrt{3})\sin 5\,\omega t +$$

$$+ \sqrt{2}\,(I_{c7} - I_{j7}\sqrt{3})\sin 7\,\omega t + \ldots \quad (7)$$

Prin alegerea potrivită a reluctanţelor jugului şi coloanei se poate ca :

$$I_{c5} = -I_{j5}\sqrt{3} \quad (8)$$

şi

$$I_{c7} = -I_{j7}\sqrt{3} \quad (9)$$

În aceste condiţii curentul de magnetizare este lipsit de armonicele 5, 7. Prin conectarea bobinajului terţial pe jugul transformatorului manta (fig. 12, *d*) se elimină armonicele 3, 9.

Solicitarea la impuls. Capacitatea de impuls. Dezvoltarea reţelelor de transport aeriene, ridică problema dimensionării corecte a izolaţiei transformatoarelor la impuls, adică problema coordonării izolaţiei. Din această cauză în unele ţări au fost introduse în fabrici încercările la unda de impuls de tensiune normală şi tăiată [18], [19]. Comportarea fără defecţiune în timpul acestor încercări, constituie o garanţie de buna funcţionare ulterioară a transformatorului,

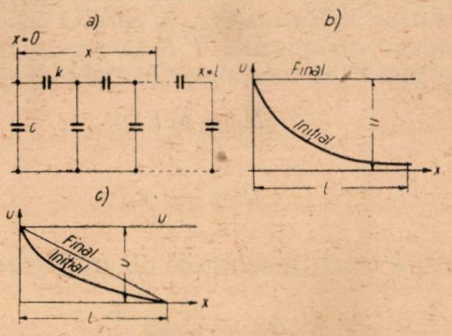


Fig. 13. Referitor la solicitarea la impuls [19]:
a – schema echivalentă; *b*-neutrul izolat; *c*-neutrul conectat la pământ.

în sistemele energetice. Solicitările izolaţiei între spire şi între galeţi sau straturi, apar periculoase din cauza repartiţiei neuniforme a tensiunii pe întreaga înfăşurare, în cazul aplicării impulsului de tensiune la borna de intrare a transformatorului. Pentru a studia repartiţia tensiunii se consideră schematic pentru $t = 0$

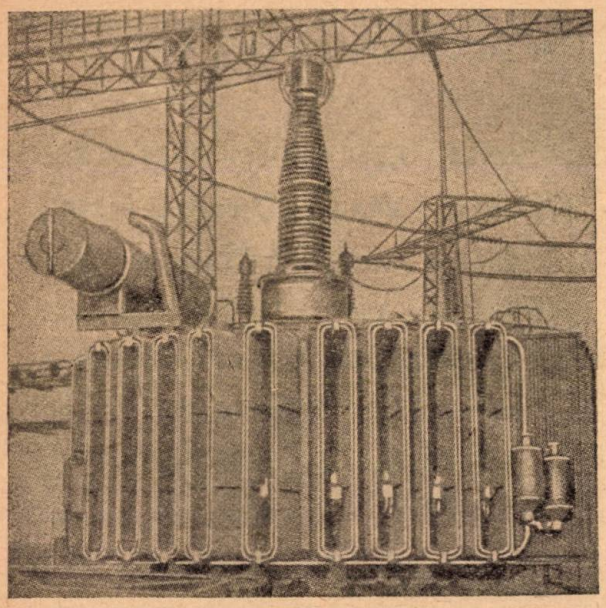


Fig. 14. Transformator monofazat 270/3 MVA, făcînd parte din staţia coboritoare de tensiune a liniei Kuibîşev-Moscova. Tensiuni 410/115/11 kV. 50 Hz.

(repartiţie iniţială) schema echivalentă a înfăşurării unei faze ca în fig. 13, *a*. Numărul galeţilor unui bobinaj cilindric este relativ mare (60 ÷ 200), iar în cazul unui bobinaj în straturi este relativ redus (4 ÷ 5). Bobinajul posedă o capacitate serie între galeţi (sau straturi) şi capacitate paralel a galeţilor (sau straturilor) faţă de masă. În fig. 13 s-a notat cu K capacitatea serie pe unitatea de lungime şi cu C capacitatea paralel pe unitatea de lungime. Capacitatea serie K pe unitatea de lungime (m) are dimensiunile Farad x metru şi rezultă ca produs al capacităţii seriei K' (între bobina de intrare şi cea de ieşire) cu o lungime de bobinaj. Capacitatea paralel C pe unitatea de lungime are dimensiunea Farad/metru şi rezultă ca un cît între capacitatea paralel C' (a întregului bobinaj faţă de masă) şi lungimea de bobinaj. Adică:

$$K = K'l \tag{10}$$

şi

$$C = \frac{C'}{l}\cdot \tag{11}$$

În aceste condiţii ecuaţiile de propagare sînt:

$$-\frac{\partial i}{\partial x}\,\mathrm{d}x = C\,\mathrm{d}x\,\frac{\partial u}{\partial t} \tag{12}$$

$$\frac{\partial u}{\partial x}\,\mathrm{d}x = \frac{\int i\,\mathrm{d}t}{\frac{K}{\mathrm{d}x}}\cdot \tag{13}$$

Rezolvarea ecuaţiilor diferenţiale (12) şi (13) conduce la următoarele rezultate [20]:

neutrul izolat $t = 0$ $\quad u = U\,\frac{\mathrm{ch}\,\gamma(l-x)}{\mathrm{ch}\,\gamma l}$ (14)

neutrul legat la pămînt, $t = 0$ $\quad u = U\,\frac{\mathrm{sh}\,\gamma(l-x)}{\mathrm{sh}\,\gamma l}$ (15)

În fig. 13, *b* şi *c* se indică repartiţia tensiunilor corespunzătoare relaţiilor (14) şi (15). Gradientul de potenţial $\frac{\partial u}{\partial x}$ cel mai mare se obţine pentru $x = 0$, adică

neutrul izolat $\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_{max} = -\gamma U\,\mathrm{th}\,\gamma l$ (16)

neutrul conectat la pămînt $\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_{max} = -\gamma U\cdot \mathrm{cth}\,\gamma l\cdot$ (17)

Deoarece pentru transformatoarele construite $\gamma l = 1 \ldots 20$, rezultă că:

$$\mathrm{th}\,\gamma l \approx \mathrm{cth}\,\gamma l \approx 1,$$

astfel că

$$\left(\frac{\partial U}{\partial x}\right)_{\substack{max \\ t\,\approx\,0}} = -\gamma U. \tag{18}$$

Cu relaţia (18) se poate calcula solicitarea maximă a bobinajului la unda de impuls de tensiune.

De mare importanţă pentru determinarea formei undei de impuls este stabilirea *capacităţii de impuls* C_i a transformatorului, care se defineşte ca fiind capacitatea transformatorului, în momentul aplicării undei de impuls adică pentru $x = 0$ şi $t = 0$ [20]:

$$C_i = \sqrt{C' \cdot K'}. \tag{19}$$

Micşorarea solicitării bobinajului este folosibilă prin modificarea capacităţilor serie (majorare), la primele 5 ... 10 bobine de intrare

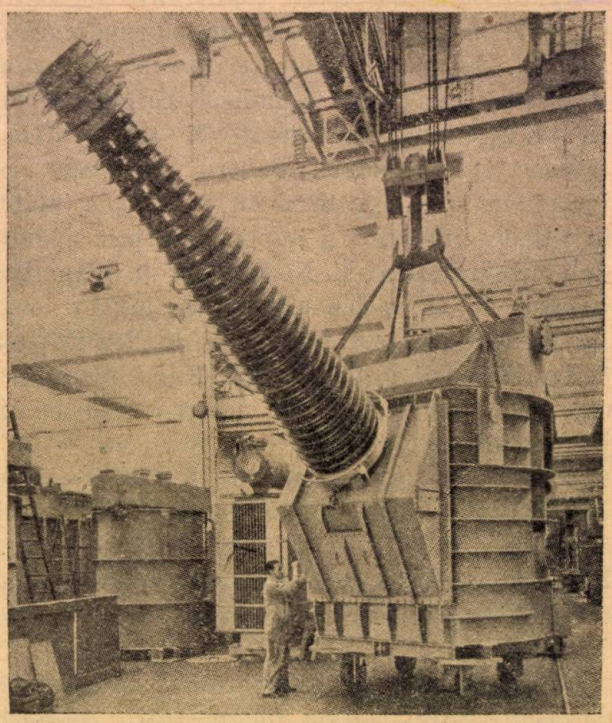


Fig. 15. Transformator monofazat 130/3 MVA, construit de BBC pentru Suedia. Tensiuni 13,85/400 kV 50 Hz, 50 Hz.

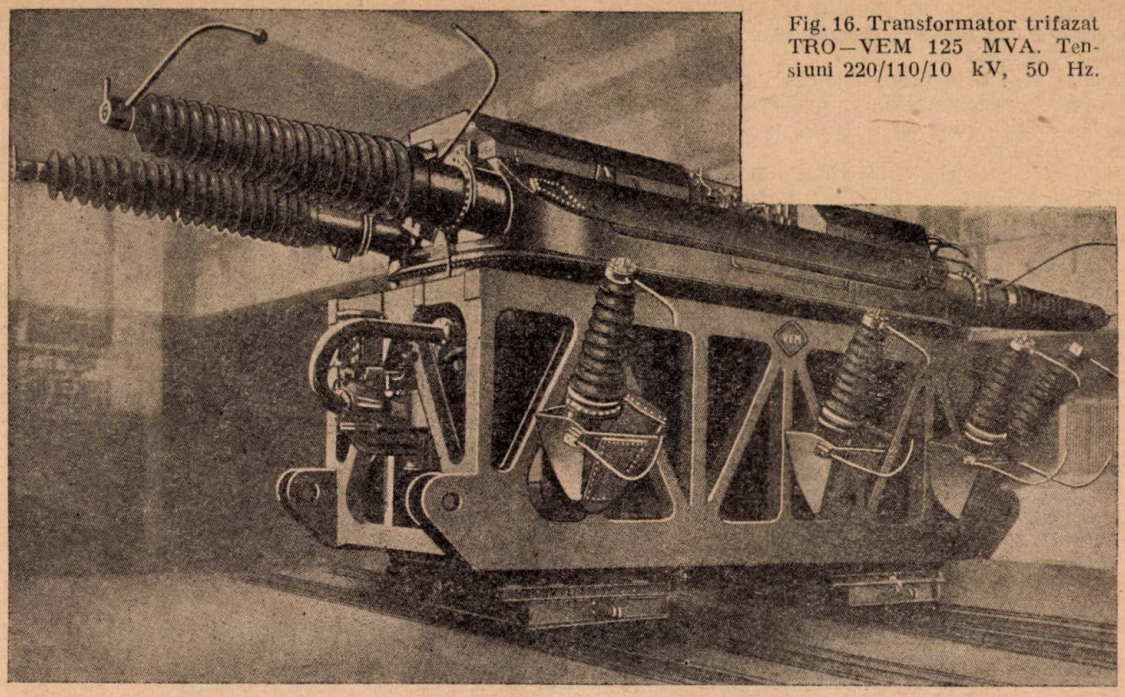


Fig. 16. Transformator trifazat TRO—VEM 125 MVA. Tensiuni 220/110/10 kV, 50 Hz.

în transformator. Această operaţie se realizează aşa cum s-a arătat în fig. 7, prin inelul de gardă şi conductoarele de ecranare a bobinelor.

Printre problemele de cercetare ce nu sînt tratate în cadrul acestei lucrări sînt : bobinajul nerezonant (problemă legată de repartiţia tensiunii), determinarea prin calcul a solicitărilor la impuls pentru un transformator existent, problema încercărilor pe modele şi, deci a similitudinii.

În fig. 14, 15, 16 şi 17 se indică fotografii de transformatoare construite cu puteri printre cele mai mari.

Concluzii

Construirea de transformatoare de putere în ţară, destinate a fi folosite în sistemele energetice, care s-au dezvoltat mult în ultimul timp, obligă pe constructorii de transformatoare şi pe cei care le exploatează, să cunoască problemele tehnologice şi teoretice corespunzătoare. Apare acum necesar să se acorde importanţa cuvenită introducerii în fabricaţia transformatoarelor a tolelor de calitate în vederea soluţionării problemelor privind pierderile în fier şi zgomotul produs de transformatoare. Transformatoarele cu curent de magnetizare sinusoidal contribuie la funcţionarea lipsită de armonice a sistemelor energetice şi în acest scop este indicat să se adapteze principiile constructive expuse, pentru circuitul magnetic al transformatoarelor de mare putere. Necesitatea ca transformatoarele să nu fie scoase din funcţiune din cauza supratensiunilor atmosferice necesită o adoptare a unor dispoziţii corespunzătoare pentru izolaţii şi bobinaje şi introducerea încercărilor la impuls, în fabrică.

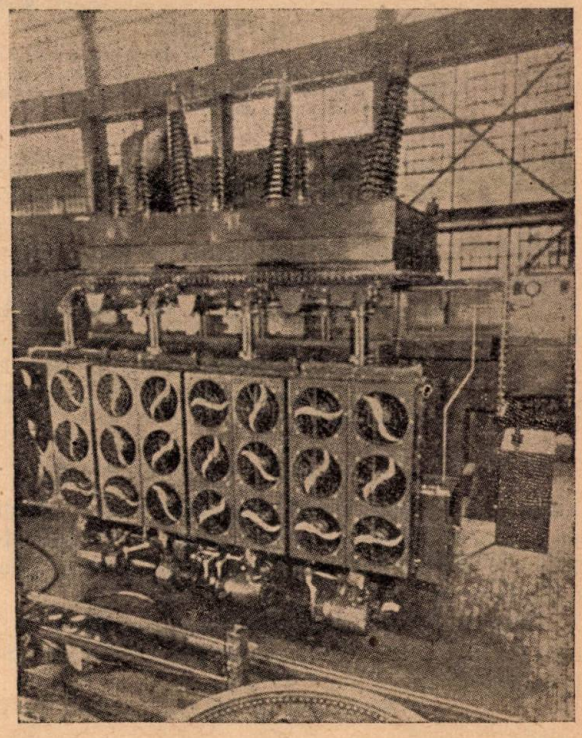


Fig. 17. Transformator trifazat Westinghouse 150 MVA. Tensiuni 230/161/13,8 kV, 60 Hz.

Bibliografie

[1] *Boll. G., Pfunder, W.*: Die Energieübertragung Kujbysew-Moskau. Electrotechn. Z.—A, 77(1956), 20, p. 724—732.

[2] *Chevalier, H.*: Transformateurs modernes de grande puissance. ACEC-Charleroi, nr. 3687, 1954.

[3] *Rossier, Cl.*: La construction des gros transformateurs Bull. Sécheron (1956)25, F, p. 9—25.

[4] *Mühlinghauss, A.*: Weiterentwicklung warmgewalzter Transformatorenbleche. Electrotechn. Z.—A, 77(1956) 20, p. 732—736.
[5] *Chevalier, H.*: Orientation nouvelle de la construction des gros transformateurs de puissance. Extrait de la Revue ACEC-Charleroi , 1(1948) nr. 800. Ed. ACEC 1948, p. 1—27.
[6] *Richter, R.*: Elektrische Maschinen, III. Die Transformatoren Springer Berlin, 1932, p. 52.
[7] National Electrical Manufactures Association (NEMA) Standards for Transformers-Publications 1948 .
[8] *Hurle, K.*: Transformatoren. Electrotechn. Z.—A, 77(1956)18. p. 634—637.
[9] *Gogolin A. A., Levitsky, K. K., Mirolubov, A. V., Racotjan, S. S., Segejev, V. N., Sokolov, B. V.*: Ligne de transport d'énergie à 400 kV Kouibycheff-Moscou. CIGRE (1956) nr. 413.
[10] *Meyerhans, A.*: Transformateurs et bobines d'éxtinction a tôle radiales. Revue Brown Boveri, 43(1956) 6.p.187—205.
[11] *Dittrich, G.*: Über die Dimensionierung radialgeblechter Transformatoren und Drosselspulen. 6. Jahrestagung der Elektrotechniker. Verlag Technik Berlin 1955, p. 650—663.
[12] *Gänger, B.*: Prüfung von Hochspannungstransformatoren mit Stosspannungen von 1 3/4 Millionen Volt. B.B. Mitt. 43(1956) 12. p. 525—532.
[13] Transformatoare de putere 5 600—60 000 kVA cu tensiune maximă 110 kV. Catalog nr. 2 104 Maşini import, editat în U.R.S.S.
[14] *Mayerhans, A.*: 380 kV Transformatoren. Fortschritte derHochspannungstechnik. Geest-Poortig,Leipzig 1954, p. 131—141.
[15] *Blankenburg, W.*: Probleme beim Grosstransformatorenbau, 6. Jahrestagung der Elektrotechniker. Verlag Technik, Berlin 1955, p. 617—631.
[16] *Biermanns, J.*: Hochspannung und Hochleistung. C. Hanser, München, 1949, p. 261.
[17] *Bodefeld, T., Sequenz, H.*: Elektrische Maschinen, Springer, Wien 1949, p. 81.
[18] *Frid, E.S.*: Metoda de încercare la impuls a transformatoarelor. Electricestvo 73(1953), 3, p. 22—26.
[19] *Bulgacov, N. L.*: Calculul transformatoarelor (traducere din limba rusă) Ed. Tehnică 1951, p. 99.
[20] *Hortopan, G.*: Observaţii privind calculul şi construcţia unui generator de impuls. Electrotehnica 5(1957) 1, p. 13—18.

Determinarea pe cale experimentală a caracteristicii cuplului la motoarele asincrone cu rotorul în scurtcircuit

IOAN ŞORA — Timişoara *)

Datorită dificultăţilor de calcul care apar la determinarea pe cale analitică a cuplului motoarelor asincrone în scurtcircuit, metodele de determinare experimentală sînt uneori preferate. Autorul prezintă o serie de scheme cunoscute în literatura tehnică inclusiv o schemă proprie. Sînt date rezultatele experimentale obţinute.

CZ 621.313.333.2.016.1 : 621.317.6

În cazul motoarelor asincrone în scurtcircuit, datorită pe de o parte dificultăţilor de determinare a parametrilor care intervin, iar pe de altă parte, datorită ipotezelor ce se introduc în scopul de a simplifica calculele, relaţiile deduse pe cale analitică duc în general la rezultate care diferă de cele reale. De aceea, determinarea pe cale experimentală a curbei cuplului la aceste tipuri de motoare, prezintă o deosebită importanţă.

I. Descrierea metodelor experimentale

În lucrare, metodele se prezintă grupate, după cum curba cuplului se determină în funcţie de timp, sau direct în funcţie de turaţie, respectiv alunecare.

1. *Metode pentru determinarea curbei* $M = f(t)$

La motorul asincron, se poate scrie următoarea relaţie :

$$M = M_j + M_r \qquad (1)$$

în care :

M este cuplul motor;
M_j — cuplul de accelerare;
M_r — cuplul rezistent.

Dacă cuplul rezistent este neglijabil faţă de cuplul de accelerare, se poate scrie relaţia :

$$M = \frac{GD^2}{375} \frac{dn}{dt} \qquad (2)$$

în care GD^2 este momentul de giraţie.

*) Ing. Ioan Şora este conferenţiar la Institutul Politehnic din Timişoara.

Din relaţia (2) rezultă că prin derivarea curbei turaţiei, se obţine curba cuplului. Pentru ca cuplul rezistent să fie neglijabil faţă de cuplul de accelerare, pe axul motorului asincron se aplică un volan.

În principiu, derivarea curbei turaţiei se poate face şi pe cale grafică. Această metodă

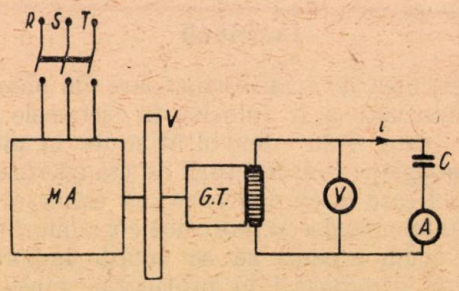


Fig. 1. Dispozitivul experimental, după Ytterberg.

este laborioasă şi nu conduce, în general la rezultate prea exacte [2].

a) Ytterberg realizează derivarea curbei turaţiei pe cale electrică [12]. Montajul folosit de Ytterberg, este reprezentat în fig.1.

Motorul asincron *M.A.*, care se studiază, este cuplat cu un generator tahometric de curent continuu *G.T.* Pe axul motorului asincron este aplicat volanul *V*. Pentru a nu mări cuplul rezistent total, generatorul tahometric, trebuie să aibă pierderi mecanice mici. La bornele

generatorului tahometric, se leagă voltmetrul pentru ridicarea curbei $n = f(t)$ şi ampermetrul cu condensatorul de derivare C, pentru ridicarea curbei $M = f(t)$. Curba cuplului în funcţie de alunecare sau turaţie, se construieşte pe baza acestor două curbe.

Fluxul generatorului tahometric fiind constant, tensiunea la bornele acestuia, în ipoteza că se neglijează căderea de tensiune interioară, este proporţională cu turaţia, adică :

$$u = K.n. \tag{3}$$

Dacă tensiunea la bornele ampermetrului este neglijabilă faţă de tensiunea la bornele condensatorului, curentul i are expresia :

$$i = C.K.\frac{dn}{dt} \tag{4}$$

Din relaţiile (2) şi (4) se obţine :

$$M = \frac{GD^2}{375} \cdot \frac{i}{C \cdot K}, \tag{5}$$

în care :

M este cuplul motor, kgm ;
GD^2 — momentul de giraţie, kgm² ;
i — curentul de încărcare a condensatorului, A ;
C — capacitatea de derivare, F ;
K — constanta generatorului tahometric, $\frac{V \text{ min}}{\text{rot}}$.

Concluzia este că în condiţiile specificate, curentul de încărcare a condensatorului C este o măsură a cuplului motorului asincron.

Datorită lamelelor de colector şi crestăturilor indusului, în curba tensiunii la bornele generatorului tahometric, apar pulsaţii perturbatoare de frecvenţă ridicată. Acestea apar implicit şi în curba cuplului. Un număr mare de lamele de colector şi folosirea unor pene metalice pentru crestături, sînt avantajoase. Generatorul tahometric avînd părţi rotitoare de fier, acestea constituie o sursă de pulsaţii parazite. În acest sens, se poate menţiona ideea construirii unui generator tahometric, cu miezul indusului fix, care a dat rezultate foarte bune [3].

Pentru a evita apariţia în curba cuplului a pulsaţiilor parazite datorită transmisiei, se cere o atenţie deosebită la cuplarea şi montarea celor două maşini. Micşorarea oscilaţiilor parazite din curba cuplului, se poate face utilizînd un circuit de filtrare corespunzător ales. Circuitul filtrului trebuie astfel dimensionat, încît să nu deformeze curba cuplului.

b) Metoda Lomonosov [2] [8], utilizează în locul capacităţii de derivare, un transformator T în regim nesaturat. Schema de principiu este arătată în fig.2.

Înregistrarea curbelor $n = f(t)$ şi $M = f(t)$ se face cu ajutorul unui oscilograf mecanic (buclele $B.O_1$ şi $B.O_2$) Acest sistem de înregistrare se poate aplica şi la metoda Ytterberg.

c) Metoda Heiles realizează derivarea curbei turaţiei după un alt principiu [3]. Schema este reprezentată în fig.3.

De la bornele generatorului tahometric $G.T.$, circuitul se închide printr-o rezistenţă variabilă R_1 şi bobina motoare $B.M.$ Pe aceeaşi axă cu bobina motoare, este aşezată bobina generatoare $B.G.$ Ambele bobine se rotesc într-un cîmp magnetic omogen. De la bobina $B.G.$ circuitul se închide prin rezistenţa R_2 şi bucla oscilografului $B.O.$ Rezistenţa R_3 serveşte pentru amortizarea oscilaţiilor. Se observă că cuplul rezistent pentru bobina motoare este creat de o pereche de arcuri în spirală, aşezate pe axa sistemului de bobine. Rezultă că unghiul de rotire a sistemului de bobine este proporţional cu turaţia maşinii studiate. T.e.m. indusă în bobina $B.G.$, are expresia :

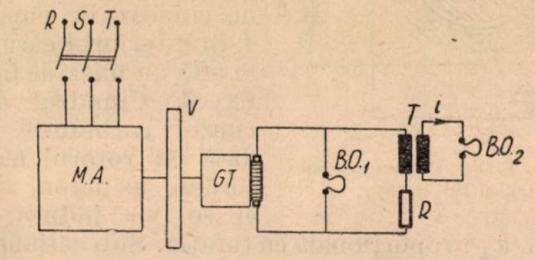


Fig. 2. Dispozitivul experimental, după Lomonosov.

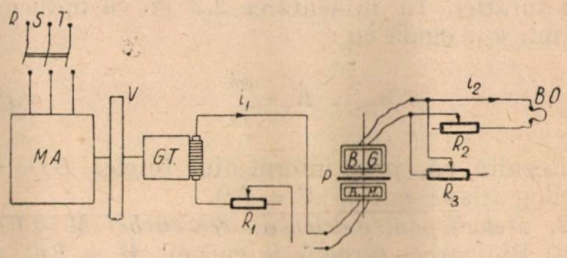


Fig. 3. Dispozitivul experimental după Heiles.

$$u_e = K_1 \cdot \frac{dn}{dt} \tag{6}$$

Curentul i_2 ce trece prin bucla oscilografului $B.O$, este proporţional cu cuplul. Între $B.M.$ şi $B.G.$ se montează o placă feromagnetică P, pentru a împiedica transmiterea pe cale electromagnetică a oscilaţiilor parazite.

d) Pentru ridicarea curbei cuplului, se pot folosi cuple torsiometrice. În construcţie obişnuită însă, torsiometrele servesc pentru măsurarea cuplurilor uniforme. Pentru înregistrarea curbei cuplului, dispozitivul se completează cu o schemă în punte [2], [6].

e) Ridicarea curbei cuplului se poate face şi cu ajutorul unui accelerometru piezoelectric [2].

f) În fig.4 se indică principiul de funcţionare a accelerometrului propus de Petrov [8]. Înfăşurarea de excitaţie 1,1′ se alimentează în curent continuu de la bateria *B*. Înfăşurarea 2,2′ se închide prin bucla oscilografului *B.O*.

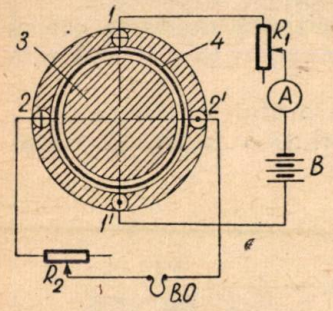


Fig. 4. Principiul acceleratorului lui Petrov.

Rotorul maşinii are un cilindru de cupru *4*, în interiorul căruia se află un miez de fier fix *3*. Cilindrul de cupru rotindu-se o dată cu rotorul motorului asincron, în el se va induce o t.e.m., u_{e1} proporţională cu turaţia. Sub acţiunea acestei tensiuni, apare curentul i_1 care produce fluxul Φ_1 variabil în timp, corespunzător variaţiei turaţiei. În înfăşurarea *2,2′* se va induce o t.e.m., u_{e2}, egală cu :

$$u_{e2} = K_2 \cdot \frac{dn}{dt}. \qquad (7)$$

Rezultă că, prin intermediul buclei *B.O.* se oscilografiază curba $M = f(t)$.

2. *Metode pentru determinarea curbei* $M = f(n)$

a) Ridicarea directă a curbei $M = f(n)$ se poate face utilizînd în principiu, în schemele prezentate, un oscilograf catodic pentru fenomene tranzitorii, la care derivaţia după orizontală a spotului să fie proporţională cu turaţia, iar după verticală să fie proporţională cu cuplul.

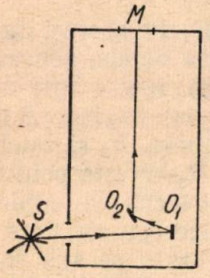


Fig. 5. Înregistrarea curbei $M = f(n)$, după metoda Heiles.

b) Metoda Heiles, utilizează un oscilograf a cărui construcţie de principiu este indicată în fig.5 [3]. Oglinda buclei oscilografului O_1 se roteşte proporţional cu cuplul, în jurul unei axe verticale din planul hîrtiei. Oglinda O_2 se roteşte proporţional cu turaţia în jurul unei axe orizontale perpendiculară pe planul hîrtiei. Spotul luminos căzînd pe cele două oglinzi, ajunge la placa mată *M*, ceea ce permite să se înregistreze curba $M = f(n)$.

c) Determinarea cuplului se poate face şi prin puncte. În acest caz, dispozitivele de măsurare, trebuie să satisfacă în toată gama turaţiilor, condiţia[4], [10], [11]:

$$\frac{dM_F}{dn} > \frac{dM}{dn} \qquad (8)$$

în care M_F este cuplul dispozitivului de frînare.

Încercarea experimentală fiind de durată relativ lungă, motorul se încălzeşte, ceea ce provoacă o variaţie a parametrilor maşinii. De asemenea încercări prea dese la turaţii mici, pot duce la solicitări termice mari.

II. Prezentarea unei scheme, pentru ridicarea pe cale experimentală a caracteristicii cuplului

Schema experimentală care se alege trebuie să îndeplinească, în principiu, următoarele condiţii :

— adoptarea unei soluţii practice cît mai simple ;

— oscilaţii perturbatorii minime ;

— adoptarea unei scheme cu inerţie mică, pentru ca sistemul de înregistrare să poată reda cît mai corect alura caracteristicii studiate.

1. *Calculul schemei*

În urma analizei făcute, se propune utilizarea unei scheme tip Ytterberg, completată cu un circuit de filtrare, pentru atenuarea pulsaţiilor parazite. Schema este reprezentată în fig.6.

În schemă, se distinge circuitul de filtrare *r,L,C*, în formă clasică. Pentru înregistrarea curbei cuplului serveşte bucla $B.O_2$ introdusă

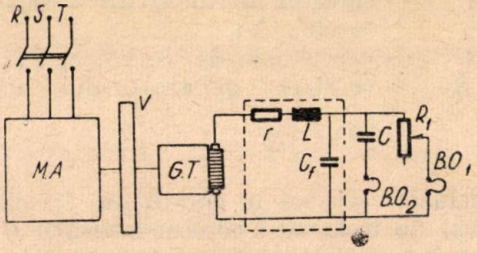


Fig. 6. Schema experimentală adoptată.

în circuitul condensatorului de derivare *C*, iar pentru înregistrarea curbei turaţiei serveşte bucla $B.O_1$.

Cu un oscilograf catodic pentru fenomene tranzitorii, se poate ridica direct caracteristica $M = f(n)$.

Pentru ca eroarea derivării să fie mică, trebuie îndeplinită condiţia :

$$u_C > u_R \qquad (9)$$

în care :

u_C este tensiunea la bornele condensatorului *C* ;

u_R — tensiunea la bornele buclei oscilografului $B \cdot O_2$.

În ipoteza că tensiunea la bornele generatorului tahometric variază liniar în timp, se poate scrie relaţia :

$$\frac{du}{dt} = \frac{u^*}{t^*} \qquad (10)$$

în care :

u^* este tensiunea la bornele generatorului tahometric la sfîrşitul pornirii motorului asincron ;

t^* — timpul de pornire a motorului asincron.

Dacă căderea de tensiune pe elementele r,L este neglijabilă faţă de tensiunea de la bornele generatorului tahometric, căderea de tensiune la bornele buclei oscilografului BO_2 este :

$$u_R = R.C.\frac{u^*}{t^*}. \qquad (11)$$

Ţinînd seama de relaţia (11), condiţia (9) devine :

$$t^* > R \cdot C \qquad (12)$$

adică, constanta de timp a ramurii $C - BO_2$ trebuie să fie neglijabilă faţă de timpul de pornire a motorului asincron.

Pentru curentul din circuitul de filtrare, se impune un regim oscilatoriu amortizat

$$\left(r < 2\sqrt{\frac{L}{C_f}}\right).$$

Acest regim, asigură în general atingerea valorii staţionare într-un timp mai scurt decît un regim aperiodic.

Rezolvarea ecuaţiei diferenţiale pentru circuitul de filtrare duce la soluţia [9] :

$$i = C_f \frac{u^*}{t^*}\left[1 - \frac{\omega_0}{\omega} e^{-\Delta_1 t}. \cos(\omega t - \theta)\right], \qquad (13)$$

în care :

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C_f}} ;$$

$$\Delta_1 = \frac{r}{2L} ;$$

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \Delta_1^2} ;$$

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{\Delta_1}{\omega}.$$

Pentru ca curba cuplului să nu fie deformată datorită prezenţei filtrului, amplitudinea primei alternanţe a regimului oscilatoriu amortizat cum şi timpul cît durează acest regim sînt limitate. Condiţiile respective se pot deduce din relaţia (13).

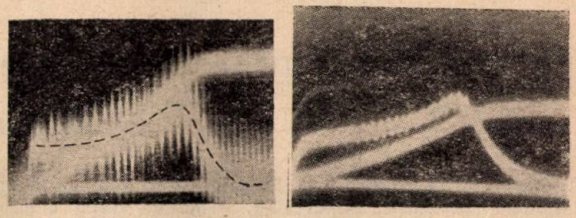
În timpul procesului de pornire, frecvenţa perturbatorie creşte cu turaţia. Ea poate trece şi prin valoarea de rezonanţă în care caz este indicat ca aceasta să apară în partea iniţială a caracteristicii.

2. *Rezultate experimentale*

În cadrul părţii experimentale a lucrării s-au ridicat curbele $M = f(t)$ şi $n = f(t)$ la un motor asincron cu bare înalte, avînd următoarele date : 380/220 V, $P_n = 10$ kW, $2p = 6$.

S-a folosit un generator tahometric construit pentru alte scopuri. La turaţia de $n^* = 839$ rot/min pierderile mecanice ale generatorului sînt de circa 60 W, iar tensiunea $u^* = 35$ V. Rezistenţa indusului este de 50 Ω. Momentul de giraţie a rotorului motorului asincron încercat este de 0,8 kgm², momentul de giraţie a volanului de 13,2 kgm², iar momentul de giraţie a rotorului generatorului tahometric este neglijabil.

În lipsa unor bucle cu sensibilitate mai mare, capacitatea condensatorului de derivare s-a ales de 1 000 μF. Ţinînd seamă de rezistenţa buclei



a) *b)*

Fig. 7. Oscilogramele curbelor $n = f(t)$ şi $M = f(t)$: *a* – fără circuit de filtrare ; *b*- cu circuit de filtrare.

folosite ($R = 3{,}5$ Ω), relaţia (12) este pe deplin satisfăcută ($R.C = 3{,}5.10^{-3}$ s $\ll t^*$) ceea ce arată că, valoarea capacităţii condensatorului de derivare se poate alege mai mică.

În fig.7,*a* este reprezentată oscilograma curbelor $n = f(t)$ şi $M = f(t)$, fără circuit de filtrare.

În curba cuplului se remarcă oscilaţii parazite puternice, datorită indusului, lamelelor de colector şi transmisiei. Curba cuplului care se ia în considerare va fi o curbă medie trasată în oscilograma ridicată.

Prezenţa pulsaţiilor parazite în curba cuplului, se poate urmări mai bine în oscilograma din fig.8, ridicată pentru alt tip de motor (7kW, $2p = 6$).

Folosind un circuit de filtrare, cu $r = 50$ Ω, $L = 2$ H şi $C = 2\,000$ μF, s-a obţinut oscilograma din fig. 7, *b*. În curba cuplului, se mai fac simţite într-o formă însă mult atenuată, oscilaţii datorită transmisiei. Pentru scopul urmărit, rezultatele obţinute în fig.7,*b* se consideră corespunzătoare. În oscilogramele prezentate, scara de timp corespunde frecvenţei de 42 Hz. Determinarea pe cale experimentală a curbei cuplului mai pune problema etalonării oscilogramelor ridicate. Asupra acestei probleme se va reveni ulterior.

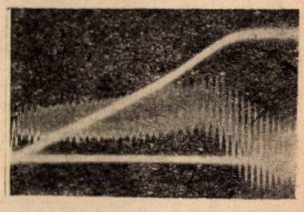


Fig. 8. Oscilograma curbelor $n = f(t)$ şi $M = f(t)$, fără circuit de filtrare, pentru un motor cu bare înalte (7 kW, $2p = 6$, 220/380 V).

Bibliografie

[1] *Andronescu Pl.* : Über den Verlauf des Drehmomentes bei asynchronen Drehfeldmotoren mit Käfiganker Arch. Elektrotechn. (1923) p. 453.

[2] *Brion G.* u. *Vieweg V.* : Starkstrom Messtechnik. Springer, Berlin 1933.

[3] *Heiles F.* : Verfahren zur unmittelbaren Aufnahme des Drehmoments als Funktion der Zeit oder der Drehzahl. A.d. El. I., 4(1925) Berlin.

[4] *Jerve G.K.* : Încercările industriale ale maşinilor electrice Trad. din lb. rusă, M.E.E.I.E., 1951.

[5] *Marsilii Paulo* : Ridicarea experimentală a caracteristicii cuplu-turaţie a unui motor asincron. -L'Elettrotecnica, 4(1953) p. 186.

[6] *Rolf E.* : Elektrische Anzeige und Aufzeichnung von Drehmomenten. Electrotechn. Z., (1933) p. 1160.

[7] *Richter R.* : Elektrischen Maschinen, Verlag Birkhausen 1954.

[8] *Sinelnicov E.M.* : Măsurarea momentelor de rotaţie la pornirea motoarelor asincrone. Electricestvo, (1950) 7 p. 48.

[9] *Şora I.* : Proiect de diplomă, Institutul Politehnic Timişoara.

[10] *Unger F.* : Die Arbeitskurven neuzeitlicher Induktionsmaschinen. Elektrotechn. u Masch. — Bau (E.u M.). 1930 p. 745.

[11] *Voldec A.I.* : Ridicarea curbelor momentelor de rotaţie a motoarelor asincrone. Electricestvo, (1948)8 p. 47.

[12] *Ytterberg A.* : Eine neue Methode zur Bestimmung der Leerlaufs verluste einer Maschine, Electrotechn. Z., (1912) p. 1159.

NOTE

Metode pentru studiul fenomenelor tranzitorii la transformatoare

ANDREI NICOLAIDE — Craiova*)

CZ 621.314.2.015.3

Trecerea de la un regim la altul de funcţionare la transformatoare prezintă importanţă, deoarece după cum se ştie poate fi însoţită de curenţi sau tensiuni mari, avînd ca urmare deteriorarea bobinelor.

În cele ce urmează ne vom opri asupra diferitelor metode de studiu al fenomenelor tranzitorii, ce însoţesc punerea bruscă sub tensiune a unui transformator cu două înfăşurări, în cazul cînd secundarul debitează pe o sarcină şi vom propune o metodă de calcul pentru acest caz.

I. Metoda clasică. Potrivit acestei metode se determină mai întîi regimul liber de funcţionare, apoi se calculează regimul permanent sau „forţat" şi se adună soluţiile relative acestor două regimuri. În sfîrşit, se calculează coeficienţii arbitrari pentru ca soluţia generală astfel obţinută să reprezinte starea electrică iniţială [1], [4].

Rezultatele obţinute astfel sînt însă relativ greu de aplicat pentru un calcul expeditiv.

II. Metoda operaţională. Analiza tensorială uşurează exprimarea matematică a problemei regimurilor tranzitorii [5].

Astfel pentru cazul pe care-l examinăm vom scrie mai întîi matricea de impedanţă [2].

Aceasta este :

$$\|Z\| = \begin{array}{c|cc} & 1 & 2 \\ \hline 1 & R_1 + L_1 p & -Mp \\ 2 & -Mp & R_2 + L_2 p \end{array} \qquad (1)$$

unde s-a notat cu R_1 şi R_2 rezistenţa înfăşurărilor primară şi secundară, cu L_1 şi L_2 inductanţa proprie totală a înfăşurărilor, primară şi secundară iar cu M-inductanţa mutuală.

În L_2 şi R_2 sînt înglobate şi inductanţa şi rezistenţa corespunzătoare sarcinii. De asemenea am considerat toate mărimile raportate la primar. Matricea de admitanţă este :

$$\|Y\| = \frac{1}{\Delta} \begin{array}{c|cc} & 1 & 2 \\ \hline 1 & R_2 + L_2 p & Mp \\ 2 & Mp & R_1 + L_1 p \end{array} \qquad (2)$$

unde :

$$\Delta = (L_1 L_2 - M^2)\, p^2 + (R_1 L_2 + R_2 L_1)\, p + R_1 R_2.$$

Sau, făcînd notaţiile obişnuite [2], [4] :

$$T_1 = \frac{L_1}{R_1}\,;\quad T_2 = \frac{L_2}{R_2}\,;\quad \sigma = 1 - \frac{M^2}{L_1 L_2} \qquad (3)$$

Ing. A. Nicolaide este asistent la facultatea de electrotehnică din Craiova.

avem

$$\Delta = L_1 L_2 \left[\sigma\, p^2 + \left(\frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2}\right) p + \frac{1}{T_1}\cdot\frac{1}{T_2}\right].$$

Rădăcinile ecuaţiei $\Delta = 0$ sînt :

$$p_1 = -\frac{T_1 + T_2}{2\sigma\, T_1 T_2}(1 + h) \qquad (4)$$

$$p_2 = -\frac{T_1 + T_2}{2\sigma\, T_1 T_2}(1 - h)$$

cu notaţia :

$$h = \sqrt{1 - \frac{4\sigma\, T_1 T_2}{(T_1 + T_2)^2}}\,. \qquad (5)$$

Efectuînd calculele se obţine [2] :

$$i_1 = \frac{U}{\sigma L_1 q}\left\{\sqrt{\frac{1}{T_2^2} + \omega^2}\cos(\omega t + \psi - \varphi + \varphi_c) + \right.$$

$$+ \frac{p_1 + \dfrac{1}{T_2}}{p_1 - p_2}\sqrt{p_2^2 + \omega^2}\, e^{p_1 t}\cos(\psi - \varphi + \varphi_2) -$$

$$\left. - \frac{p_2 + \dfrac{1}{T_2}}{p_1 - p_2}\sqrt{p_1^2 + \omega^2}\, e^{p_2 t}\cos(\psi - \varphi + \varphi_1)\right\} \qquad (6)$$

şi

$$i_2 = \frac{UM}{\sigma L_1 L_2 q}\left\{\omega \sin(\omega t + \psi - \varphi) + \right.$$

$$+ \frac{p_1\sqrt{p_2^2 + \omega^2}}{p_1 - p_2}\, e^{p_1 t}\cos(\psi - \varphi + \varphi_2) -$$

$$\left. - \frac{p_2\sqrt{p_1^2 + \omega^2}}{p_1 - p_2}\, e^{p_2 t}\cos(\psi - \varphi + \varphi_1)\right\} \qquad (6')$$

unde :

$$\operatorname{tg}\varphi_c = \frac{\omega L_2}{R_2}\,;\quad \operatorname{tg}\varphi_1 = -\frac{\omega}{p_1}\,;\quad \operatorname{tg}\varphi_2 = -\frac{\omega}{p_2}$$

$$\operatorname{tg}\varphi = -\frac{\omega^2 - p_1 p_2}{\omega(p_1 + p_2)}\,;\quad q = \sqrt{(p_1^2 + \omega^2)(p_2^2 + \omega^2)}\,. \qquad (7)$$

Calculele se pot simplifica dacă ţinem seama de faptul că σ este mic faţă de unitate, lucru care are loc totdeauna la transformatoarele mari, ajungînd să fie chiar de ordinul zecimilor de miimi [4]. Aşa dar, ne putem mărgini în dezvoltarea în serie a lui h la primii doi termeni şi găsim :

$$h = 1 - \frac{2\sigma T_1 T_2}{(T_1 + T_2)^2} \tag{8}$$

şi, deci :

$$p_1 \approx -\frac{T_1 + T_2}{\sigma T_1 T_2}$$

$$p_2 \approx -\frac{1}{T_1 + T_2}. \tag{9}$$

III. Metoda propusă. După cum se vede rezultatele care se obţin prin metodele de mai sus rămîn destul de complicate chiar cu simplificările indicate. De asemenea aceste

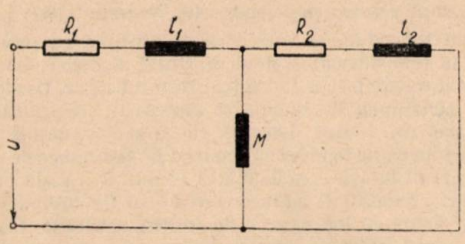


Fig. 1

rezultate nu permit să ne dăm uşor seama de influenţa diverşilor parametri ai circuitului asupra mărimii curenţilor.

Vom propune o metodă de calcul expeditivă plecînd de la circuitul echivalent al transformatorului.

În schema din fig.1 s-a notat cu l_1 şi l_2 inductanţa de scăpări a primarului şi secundarului.

În metoda pe care o propunem vom neglija rezistenţa primarului, ceea ce va simplifica mult calculele.

Această aproximaţie face ca rezultatele să fie mai puţin precise faţă de metoda precedentă, dar considerăm că aceasta nu prezintă mare importanţă, deoarece eroarea principală nu provine de aici ci din faptul că nu se ţine seamă de saturaţie.

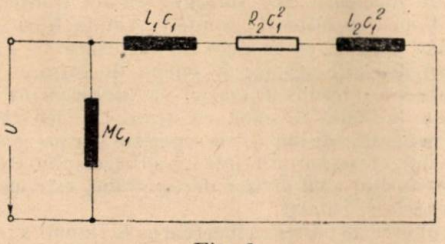


Fig. 2

În adevăr, după metodele de calcul de mai sus se obţine pentru curentul la cuplarea transformatorului în gol [4], [6] la reţea, o valoare de două ori curentul de mers în gol la regimul permanent, în timp ce saturaţia face ca acesta să crească dela 5 pînă la 10 ori curentul nominal.

Dacă scoatem la borne circuitul de magnetizare [2], [6] se obţine în acest caz schema din fig.2.

Coeficientul de corecţie c_1, cu care se înmulţesc parametrii schemei este [2], [6] :

$$c_1 = 1 + \frac{l_1 p}{Mp} = 1 + \frac{l_1}{M}.$$

Raportul dintre inductanţa de scăpări a primarului şi inductanţa utilă fiind mic vom considera :

$$c_1 \approx 1.$$

Schema echivalentă devine, în definitiv, cea reprezentată în fig.3.

Curentul absorbit de transformator este deci suma a doi curenţi i_0 şi i_2 :

$$i_1 = i_0 + i_2. \tag{10}$$

Primul i_0 corespunde transformatorului la mers în gol, în care se neglijează rezistenţa primarului, după cum de altfel se procedează pentru a obţine uşor un rezultat acoperitor [4]. Aceasta se poate calcula fie pentru cazul neglijării saturaţiei [3], [4] fie ţinînd seamă de saturaţie [3], [4].

Al doilea curent i_2 care trece prin sarcină, corespunde unei bobine cu parametrii :

$$R = R_2$$
$$x = x_1 + x_2$$

corespunzători sarcinii.

Tensiunea aplicată fiind :

$$U = U_m \sin(\omega t + \psi)$$

curentul i_2 este [3] :

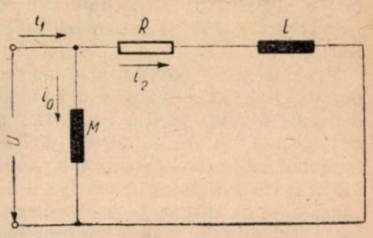


Fig. 3

$$i_2 = \frac{U_m}{z}\left[\sin(\omega t + \psi - \varphi) - \sin(\psi - \varphi)\, e^{-\frac{t}{T}}\right] \tag{10'}$$

unde

$$z = \sqrt{R^2 + x^2}$$

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{\omega l}{R};\quad l = l_1 + l_2$$

$$T = \frac{l}{R}.$$

Ca aplicaţie vom calcula curentul care este absorbit de sarcină la cuplarea la reţea a unui transformator de 100 kVA $\frac{U_1}{U_2} = 6\,000/230$ V, $\frac{I_1}{I_2} = 9{,}6/250$ A cu secundarul închis pe impedanţa corespunzătoare sarcinii nominale.

Parametrii transformatorului sînt :

$$R_1 = 4\Omega \qquad x_1 = 9\Omega$$
$$R_2 = 5\Omega \qquad x_2 = 10\Omega$$
$$x_0 = 5\,500\Omega$$

La un factor de putere 0,8 corespunde pentru impedanţa de sarcină valorile :

$$R_e = 290\Omega$$
$$x_e = 207\Omega$$

Astfel încît parametrii secundari vor fi :

$$R_2 = 295\Omega$$
$$x_2 = 217\Omega$$

Aplicînd relaţia (10') se găseşte că la un sfert de perioadă de la cuplarea transformatorului de reţea, presupunînd $\psi = 0$ sarcina absoarbe un curent de 0,8 ori curentul nominal.

După relaţia (6') se găseşte un curent de 0,81 ori curentul nominal.

În orice caz, calculul făcut după relaţia (10') permite, aprecierea rapidă a ordinului de mărime a curentului de sarcină la cuplarea transformatorului.

Bibliografie

[1] *Antoniu, I.S.* : Chestiuni speciale de electrotehnică. Ed. Academiei R.P.R., 1956.

[2] *Costenco, M.P.* : Electriceskie maşini. Speţialnaia ciast. Gosenergoizdat Moscova-Leningrad, 1949.

[3] *Crug, C.A.* : Bazele electrotehnicii. Ed. Energetică de Stat, II 1953 traducere din lb. rusă.

[4] *Fallou, J.* : Leçons d'électrotechnique. Ed. Gauthier Villars, Paris, II 1949.

[5] *Kucera J.* La théorie du transformateur dans l'analyse tensorielle. Rev. Gén. Électr. 46 (1957)5.

[6] *Piotrovski, L.M.* : Maşini electrice. Ed. Energetică de Stat. 1953. trad. din lb.rusă.

Referate

Electrotehnică generală

Prezenţe romîneşti peste hotare

CZ 621.3

În şedinţa Academiei de Ştiinţe din Paris, de la 25 februarie 1957, Dl Georges Darrieus, membru al acelei Academii, a prezentat comunicarea Profesorului C. Budeanu, de la Institutul Politehnic din Bucureşti, cu subiectul : *„Asupra prezenţei şi conservării puterii reactive într-un fenomen radiant"*.

Prin această comunicare, autorul extinde aplicarea expresiei complexe a vectorului radiant Umov-Poynting la cazul general al unui mediu conţinînd nu numai puncte pasive, dotate sau nu de conductivităţi γ, dar şi regiuni excitate caracterizate prin prezenţa unui vector de cîmp electric căruia i se ataşază proprietăţile : a) de a interveni în aportul de energie exterioară în cîmpurile electromagnetice ; b) de a interveni în f.e.m. introdusă ; c) de a fi o funcţie de punct şi de timp $f(P,t)$. Admitem pentru această funcţie de timp o formă periodică armonică. Acest vector poate fi astfel tratat ca un „cîmp aplicat" $\underline{\overline{E}}_a$.

De asemenea se presupune pentru generalitate, că mediul este dotat cu unele sarcini electrice libere de densitate electrică ρ, corpusculii respectivi avînd o densitate de masă ρ_m şi putînd oscila liber fără frecări sub acţiunea cîmpului electric.

Atît cîmpul electric, cît şi deci cîmpul magnetic produs, eventuala densitate de curent $\overline{\delta}$ şi viteza particulelor electrizate, sînt considerate în situaţia de regim cînd oscilează cu pulsaţia ω.

În aceste condiţii se demonstrează prin această comunicare, că într-un volum închis V al spaţiului presupus omogen, cu ε şi μ constante, avem :

$$\int_V [\underline{\overline{E}}_a \cdot \underline{\overline{\delta}}^*]\, dV = \int_V \frac{\overline{\delta}^2}{\gamma} dV + j2\omega (W_m - W_e + W_c) + \int_S [\underline{\overline{E}} \times \underline{\overline{H}}^*]\, dS \qquad (1)$$

Această expresie poate căpăta diferite forme particulare după cazuri (de exemplu $\overline{E}_a = 0$, $\delta = 0$, $\gamma = 0$ etc.).

Dacă mediul este lipsit de fenomenul de convecţie, din ecuaţia (1) se deduce :

$$P = \int_V [\overline{E}_a \cdot \overline{\delta}] \cos\varphi\, dV = \int_V \frac{\delta^2}{\gamma} dV + \int_S [\overline{E} \times \overline{H}] \cos\psi\, dS \qquad (2)$$

$$Q = \int_V [\overline{E}_a \cdot \overline{\delta}] \sin\varphi\, dV = 2\omega (W_m - W_e) + \int_S [\overline{E} \times \overline{H}] \sin\psi\, dS \qquad (3)$$

În relaţiile (1), (2) şi (3) s-a notat :

$\underline{\overline{E}}_a$, $\underline{\overline{E}}$ — valorile complexe ale vectorilor $\overline{E}_a$ şi $\overline{E}$;

$\underline{\overline{\delta}}^*$, $\underline{\overline{H}}^*$ — valorile complexe conjugate ale vectorilor $\overline{\delta}$ şi $\overline{H}$;

δ — modulul densităţii de curent ;

$\overline{E}_a$, $\overline{\delta}$, $\overline{E}$, $\overline{H}$ — valorile eficace corespunzătoare ale vectorilor respectivi ;

W_m, W_e, W_c — energiile totale medii magnetice, electrice şi cinetice dezvoltate în volumul V ;

φ — unghiul de defazaj în timp între $\overline{E}_a$ şi $\overline{\delta}$ în volumul V ;

ψ — unghiul de defazaj în timp între $\overline{E}$ şi $\overline{H}$ pe suprafaţa S care închide volumul V.

Membrii 1 ai ecuaţiilor (2) şi (3) reprezintă puterea activă (respectiv reactivă) dezvoltate în volumul V. Termenii 1 din membrii 2 ai aceloraşi ecuaţii reprezintă puterea activă, respectiv reactivă absorbite în volumul V, iar ultimii termeni sînt puterea activă, respectiv reactivă, radiate prin suprafaţa S în afara volumului V.

Pînă la regiuni îndepărtate faţă de cîmpurile aplicate ($r \gg \lambda$) întreagă puterea reactivă se absoarbe în diferitele spaţii adiacente prin termenii de forma 2ω ($W_m - W_e$). În consecinţă în acele regiuni îndepărtate fenomenul reactiv încetează, $W_m = W_e$ şi $\psi = 0$. *A.A.*

Maşini şi transformatoare electrice

CZ 621.313/.314 :621.317.333.3

Încercarea la impuls a transformatoarelor şi maşinilor electrice. [După R. Striegel (Referat ţinut la al 7-lea congres al electrotehnicienilor la Weimar 1957)]

Pentru introducerea încercării la impuls ca încercare de control la transformatoarele şi maşinile electrice, este necesar ca cel mai mic defect să fie indicat în mod sigur. Oscilogramele pentru tensiunea de impuls şi curentul corespunzător din înfăşurare nu indică defectul în toate situaţiile posibile. Dacă se pleacă de la ideea că, pentru a semnala cele mai mici descărcări în înfăşurarea de înaltă tensiune a transformatorului atunci „sonda" de măsură trebuie să fie cuplată capacitiv cît mai strîns cu înfăşurarea de înaltă tensiune .O astfel de sondă există chiar în transformator şi este constituită de înfăşurarea de joasă tensiune. Pe baza oscilogramelor se demonstrează că defectul poate fi indicat şi localizat atît în cazul undei pline cît şi în cazul undei tăiate. În acest scop şuntul oscilografului catodic se montează între înfăşurarea de joasă tensiune şi pămînt. În cazul undei tăiate, montarea unei inductanţe cu aer, în circuitul eclatorului de tăiere, are drept efect amortizarea oscilaţiilor de înaltă frecvenţă, produse de eclatorul menţionat. Astfel, identificarea defectului este sigură. Cu metoda „sondei" se poate identifica şi începutul ionizării în transformator, fără a avea străpungere.

La încercarea maşinilor electrice existenţa defectului este semnalizată, cu ajutorul oscilografului, montat pe şuntul de legătură la pămînt. Localizarea defectului este posibilă cu bobina de încercare, care lucrează ca un transformator de curent. Folosirea metodei „sondei", sonda fiind constituită de carcasa maşinii, nu conduce la rezultate în cazul scurt-circuitării de spire departe de borna de intrare. Încercarea de impuls s-a introdus în fabrici ca încercare de control la motoarele de înaltă tensiune, cu ajutorul unei scheme, folosind un generator de impuls cu repetiţie şi care comută alternativ, la două faze, borna de intrare a impulsului. Oscilograful, prin intermediul unui divizor de tensiune, este montat între borna a treia şi pămînt.

Autorul este de părere că încercarea la impuls a transformatoarelor poate fi introdusă în practică, în timp ce încercarea la impuls a maşinilor rotative nu şi-a găsit forma definitivă.

Gh. H.

Linii de transmisie a energiei

CZ 621.315.051.024

Linia de transmisie în curent continuu Stalingrad-Don-Donbas [După S. S. Robotian şi K. E. Tureţki : Electr. Stanţii (1956) 11, p. 12–18]

Se dau date asupra transmisiei de energie (750 MW) prin curent continuu, de 800 kV pe o distanţă de 473 km între Stalingrad şi Donbas : Opt grupuri de redresoare cu mercur, fiecare pentru 100–120 kV, avînd două tuburi în serie pe fiecare ramură, în schema trifazată în punte şi cu două tuburi în serie legate în paralel pe fiecare grup. Izolaţia la pămînt se asigură montînd tuburile pe platforme izolate. Se utilizează condensatoare statice pe lîngă compensatoare sincrone de 37,5 MVAr. Linia aeriană are un singur circuit cu un conductor jumelat din OL–Al (762 mm²Al + 93 mm² OL) la distanţă reciprocă de 400 m. şi un conductor de protecţie din OL 70 mm² . Stîlpii de susţinere sînt flexibili. Costul liniei

întrece cu ceva cel al liniilor de curent trifazat, totuşi ea s-a construit spre a acumula experienţa în vederea unor transmisii pe distanţe de 1 000 —2 000 km.

A.A.

Tehnica tensiunilor înalte

CZ 621.317.2.027.3 : 061.6

Institutul de înaltă tensiune A.E.G. [După A. Hochrainer (Referat ţinut la al 7-lea congres al electrotehnicienilor la Weimar, 1957)].

Problemele înaltei tensiuni nu pot fi rezolvate numai prin calculaţie, aşa cum se rezolvă, de exemplu, în domeniul maşinilor electrice, ci şi prin încercări directe. De aici apare necesitatea existenţei laboratoarelor de înaltă tensiune. Primul laborator de acest gen a fost construit de A.E.G. în anul 1912 şi a avut o putere de scurtcircuit de 150 MVA. Noul laborator, construit la Kassel, este destinat efectuării de cercetări în domeniul înaltei tensiuni, mai ales cu referire la întreruptoarele de înaltă tensiune. Echiparea laboratorului s-a făcut pentru încercarea aparatajului având o tensiune de serviciu de cel mult 600 kV.

Sala de foarte înaltă tensiune este înaltă de 20 m şi are o suprafaţă de 18 × 25 m². Utilajul principal al acestei săli este : transformator în cascadă 1,2 MV, 1,2 MVA, 50 Hz ; generator de impuls de tensiune de 3 MV, 33 kWs ; generator de curent continuu de 1,5 MV, 1A realizat cu celulę redresoare de seleniu ; generator de înaltă frecvenţă 20 kHz, 2MV ; eclator cu sfere de 1,5 m diametru.

Sala de înaltă tensiune este echipată cu : transformator 500 kV, 500 kVA, 50 Hz ; generator de impuls de tensiune de 1 MV, 10 kWs.

Laboratorul de încercări de mare putere este echipat cu : generator de scurtcircuit cu o putere de 50 MVA şi putere de scurtcircuit directă de 2 000 MVA ; instalaţie Weil-Dobke pentru încercări sintetice, capabilă de a mări de 10 ori puterea de scurtcircuit a generatorului ; transformator de 450 kA ; generator cu putere de scurtcircuit de 30 MVA.

Referatul conţine cîteva indicaţii privind activitatea de cercetare în institut şi rezultatele acestei activităţi, obţinute în ultimul timp.

Gh. H.

Iluminatul electric

CZ 621.326

Comportarea lămpilor cu incandescenţă în exploatare [După J. Guanter : Elektrizitätsverwertung, 32 (1957) nr. 6—7, p 165—169].

Lămpile cu incandescenţă obişnuite sînt construite pentru o durată medie de funcţionare de 1 000 ore ceea ce determină randamentul luminos şi fluxul lor luminos. Printre factorii care influenţează performanţele lor, cei mai importanţi sînt următorii :

Tensiunea de alimentare. Notînd cu t durata în ore, cu Φ fluxul luminos în lumeni, cu η randamentul luminos în lm/W, pentru lămpile umplute cu gaz, aceste mărimi stau în următoarea relaţie cu tensiunea de alimentare U :

$$\frac{t_n}{t} = \left(\frac{\Phi}{\Phi_n}\right)^{3,85} = \left(\frac{\eta}{\eta_n}\right)^{7,1} = \left(\frac{U}{U_n}\right)^{14}$$

simbolurile prevăzute cu indicele n desemnînd valorile nominale. Deci o tensiune mai mare sau mai mică cu 5 % va provoca o creştere sau o scădere a fluxului luminos cu 17 % însă va reduce la jumătate sau va dubla viaţa lămpii. Fluctuaţii de tensiune de ±2,5 %, ±5 % şi ±10 % — de durate egale — reduc durata de funcţionare a lămpii cu respectiv 2,5 %, 12 % şi 41 %.

Pentru determinarea tensiunii medii efective a reţelei se folosesc aparate speciale compuse dintr-un contor care măsoară consumaţia de energie electrică a unei rezistenţe fixe încorporate şi un contor care măsoară durata.

Procesul de anclanşare şi frecvenţa cuplărilor nu influenţează lămpile cu filament de wolfram însă reduc durata de viaţă a lămpilor speciale cu filament scurt. De asemenea cuplările frecvente reduc durata lămpilor legate în serie cu o rezistenţă a cărei valoare variază puţin în raport cu cea a lămpii. Deci, pentru lămpile de proiecţie se folosesc rezistenţe de stabilizare cu coeficient de temperatură negativ. Lămpile cu filament de cărbune avînd la rece o rezistenţă dublă faţă de cea la cald se folosesc ca rezistenţe de sarcină.

Poziţia lămpii nu influenţează durata ei însă atunci cînd ele sînt montate cu soclul în jos este favorizată posibilitatea scurtcircuitelor între spire, în special la filamentele bispiralizate.

Temperatura de serviciu prea ridicată, rezultînd dintr-o ventilaţie insuficientă poate topi conexiunile sau deslipi soclul.

Modificarea caracteristicilor în timpul duratei de funcţionare. Evaporarea filamentului provoacă înnegrirea balonului iar prin reducerea diametrului se măreşte rezistenţa şi, deci, curentul, puterea şi fluxul luminos scad.

Şocurile şi trepidaţiile provoacă deteriorarea filamentelor. Pentru montarea pe maşini sau vehicule se folosesc lămpi speciale antitrepidante cum şi suspensii cu resort.

N.K.

CZ 628.971.7 :79.098.5

Principiile iluminatului artificial al terenurilor de sport [După H. Ruzicka : Elektrizitätsverwertung, 32 (1957) nr. 6—7, p. 204—211.]

Exigenţele în privinţa vizibilităţii fiind foarte diferite după felul sportului, fiecare teren necesită o iluminare specială. Factorii care influenţează vizibilitatea sînt mărimea obiectului — exprimată de obicei în grade de unghi vizual — poziţia sa, traiectoria şi viteza de deplasare etc. La jocuri participă trei categorii de persoane : jucătorii, arbitrii şi spectatorii. Cautîndu-se să se obţină o iluminare uniformă a fondului pentru una din aceste categorii trebuie observat ca să nu se provoace orbirea celorlalte două. Felul şi amplasamentul surselor luminoase trebuie studiate cu deosebită atenţie spre a se obţine o iluminare cît mai uniformă.

În practică, calitatea unei instalaţii de iluminat depinde de poziţia şi înălţimea suporţilor surselor luminoase, de tipul lămpilor şi de nivelul iluminării. Cea mai bună dispoziţie constă în folosirea a patru stîlpi de 35—40 m aşezaţi la colţurile terenului pe care sînt montate lămpi de 1 000 W cu reflectoare din aluminiu. Lămpile fiecărui stîlp sînt aşezate astfel, încît să ilumineze 2/3 din teren pentru a se obţine o distribuţie optimă atît în plan orizontal cît şi vertical. Fasciculele trebuie dirijate cu precizie de preferinţă astfel încît, lămpile adiacente de pe stîlp să nu ilumineze părţi adiacente ale terenului, evitîndu-se astfel orbirea jucătorilor.

Pentru meciurile de fotbal, iluminarea minimă este de 60—80 lx, de obicei 100—150 lx uneori ajungînd pînă la 300 lx. Importantă este însă şi uniformitatea iluminării şi lipsa orbirii. În cazul terenurilor de antrenament se execută instalaţii mai simple cu stîlpi de 12—18 m cîte 3—5 pe latura lungă şi cîte 2 pe cea scurtă.

Stadionul de fotbal din Viena este iluminat cu ajutorul a 4 stîlpi purtînd fiecare 34 reflectoare cu lămpi de 1 000 W, înălţimea medie fiind de 30 m. Iluminarea mijlocie atinge 110 lx. Aceste reflectoare cum şi cele care ilumineză tribunele sînt alimentate de două transformatoare cu prize care permit reglarea iluminării. Un grup electrogen de rezervă asigură iluminatul de siguranţă al tribunelor şi ieşirilor.

Pentru terenurile de tenis se recomandă iluminări de 150—300 lx. Proiectoare cu lămpi cu incandescenţă sau lămpi cu vapori de sodiu se montează pe stîlpi de 9 m înălţime aşezaţi în jurul terenului. Pentru patinoare este suficientă o iluminare de 8—15 lx însă pentru meciuri de hochei pe gheaţă sînt necesari 150—500 lx.

Iluminatul artificial al pistei de schi de la Kitzbühel, lungă de 700 m a fost asigurat cu ajutorul lămpilor cu vapori de sodiu.

N.K.

[CZ 628.972 : 621.327.43 : 683.84.8.6

Iluminatul modern al vehiculelor cu lămpi fluorescente [După J. A. Hartveld : Elektrizitätsverwertung, 32 (1957) nr. 6—7, p. 213—222]

Pînă nu de mult trenurile, tramvaiele, troleibusele şi autobusele erau foarte defectuos iluminate cu ajutorul lămpilor cu incandescenţă, alimentate de baterii slabe de acumulatoare, astfel încît nivelul iluminatului nu depăşea 30—40 lx. O

îmbunătățire considerabilă s-a produs prin introducerea lămpilor fluorescente care au un randament luminos ridicat, nu dau efecte de orbire, nu se încălzesc, sînt robuste și insensibile la variațiile de tensiune, iar forma lor tubulară permite aranjamente estetice.

În cazul alimentării lămpilor fluorescente din acumulatoare, tensiunea acestora este în general inferioară tensiunii de funcționare a lămpilor, trebuind să fie mărită, în timp ce la alimentarea de la linia de contact tensiunea este superioară celei de funcționare. Tensiunea continuă de 24 V fiind insuficientă este necesară mărirea acesteia la 110 V sau 220 V și transformarea ei în tensiune alternativă de peste 50 Hz cu ajutorul vibratoarelor, convertizoarelor sau turbo-ondulatoarelor. Acestea din urmă se compun dintr-un carter etanș umplut cu hidrogen comprimat în care se află un mic motor electric. Motorul antrenează un corp conic scobit, cufundat într-o baie de mercur care este astfel trimis sub forma unor vine învîrtitoare peste o serie de contacte, închizînd și deschizînd circuitul primar al transformatorului ridicător. Randamentul turbo-ondulatoarelor atinge 85—90 %, frecvența este de 100 Hz, iar puterea variază de la 300 VA la puteri de kVA.

La tensiunea de 72 V lămpile fluorescente pot funcționa direct, fără transformatoare ca și la 110 V. Ele se montează în serie cu un stabilizator special de greutate și dimensiuni reduse.

Cînd lămpile sînt alimentate de la firul de contact tensiunile sînt foarte variate, în curent continuu 550, 600, 1 500 și 3 000 V, iar în curent alternativ 15 000 V 16 $^2/_3$ Hz și 25 000 V 50 Hz. Tensiunile suferă variații de ±20 % iar la capetele secțiunilor se produc întreruperi de alimentare care impun folosirea lămpilor fără starter. Pentru curentul continuu 550—1 500 V se folosesc lămpi cu două benzi interioare de amorsare, iar pentru tensiuni mai mari se leagă în serie mai multe lămpi fluorescente cu lămpi cu incandescență sau cu rezistențe.

În cazul tensiunilor de 25 000 V 50 Hz se folosesc aparate auxiliare de scădere a tensiunii iar în cazul rețelei de 16$^2/_3$ Hz alimentarea lămpilor se face din baterii de acumulatoare.

Pentru a se permite lectura în trenuri se recomandă ca iluminarea să fie de 250 lx pe planul de lectură și în nici un caz să nu fie mai mică de 100 lx. În general se folosesc lămpi de 60 cm lungime cu puterea de 40 W culoarea preferată fiind alb-cald de lux.

Lămpile fluorescente trebuie să reziste la șocuri și vibrații și în general sînt protejate contra prafului prin corpuri de iluminat din material plastic. Așezarea lor depinde de forma vehiculului, rezultate bune obținîndu-se, acolo unde este posibil, prin așezarea continuă a două rînduri de lămpi în sensul lungimii vehiculului, distanța dintre rînduri fiind egală cu jumătatea lățimii acestuia.

N.K.

CZ 621.327.43

Folosirea și funcționarea lămpilor fluorescente [După H. Kessler: Elektrizitätsverwertung, 32(1957) nr. 6—7, p. 177—187].

Există astăzi peste 200 tipuri de lămpi fluorescente de diferite dimensiuni, puteri și culori. Culoarea alb-cald este folosită pentru iluminări moderate, culoarea albă — cea mai răspîndită — pentru ateliere, birouri, spitale etc., iar lumina zilei — acolo unde trebuie deosebite culorile. Lămpile denumite „de lux" au un strat fluorescent dublu care absorbind excesul de radiații violete, verzi și galbene dau o lumină mai agreabilă.

Lămpile normale nu pot funcționa fără starter însă actualmente s-au construit tipuri speciale care au dat rezultate. Ele trebuie să satisfacă următoarele condiții :

— amorsare în 2 s chiar sub o tensiune cu 10 % sub cea normală, între —15 și +60°C. ;

— durata de viață egală cu a lămpilor cu starter ;

— pierderile de putere și prețul aparatajului auxiliar să fie moderat.

Menținînd tensiunea de amorsare ridicată aparatul auxiliar este mic iar pierderile sînt reduse. Reducerea tensiunii de amorsare se obține printr-o bandă conductoare în interiorul tubului, printr-un electrod exterior, prin suprafețe metalice montate în apropierea imediată a lămpii, prin acoperirea suprafeței exterioare cu lac silicon transparent sau — metoda cea mai recentă — prin încălzirea prealabilă a electrozilor.

Lămpile americane „Instant Start" și „Slimline" nu s-au introdus în Europa fiind incomode din cauza lungimii, iar instalația și aparatul auxiliar este scump. Lămpile Philips TL—S prevăzute în interior cu o bandă semiconductoare, lucrează în serie cu o lampă cu incandescență, instalația fiind simplă și ieftină. În cazul electrozilor preîncălziți aparatajul auxiliar este ieftin. La încălzirea în paralel electrozii sînt încălziți printr-un transformator, amorsarea durînd 0,5 s în timp ce la încălzirea în serie electrozii fiind legați la rețea printr-o impedanță ridicată, amorsarea durează mai mult.

Tendința actuală este de a se construi lămpi fără starter de puteri din ce în ce mai mari, ajungîndu-se pînă la 125 W în Europa și 200 W (13 000 lm) în S.U.A. O dată cu aceasta se ridică însă problema încălzirii în special în cazul corpurilor de iluminat închise.

Lămpile fluorescente au randamentul maxim între 15 și 22°C. Cum în încăperi temperatura la plafon atinge normal 25°C randamentul se reduce ; în cazul corpurilor de iluminat închise temperatura este și mai mare iar randamentul mai scăzut. De aceea fabricanții caută menținerea încălzirii la un nivel minim mai ales că aceasta influențează și asupra accesorilor : transformatoare, bobine, condensatoare etc.

Corpurile de iluminat trebuie astfel construite încît să permită disipația bună a căldurii produsă atît de lămpi cît și de transformatoare sau bobine.

N.K.

CZ. 628.974.6: 681.087.7

Forța sugestivă a luminii și sunetului [După R. Hodel: Elektrizitätsverwertung, 32(1957) nr. 6—7, p. 190—193].

Prin utilizarea judicioasă a luminii și sunetului se pot obține efecte impresionante.

Iluminarea „tăcută" a clădirilor a fost aplicată prima dată catedralei din Strassburg cu ocazia sărbătorilor armistițiului din 11 noiembrie 1918, iar în 1952 iluminarea castelului din Chamboard a fost acompaniată de muzică. Cheltuielile de instalație au fost acoperite prin taxele încasate de la public în primul an.

Efectul acestor reprezentații — în care sînt evocate episoade din istoria castelelor sau monumentelor respective — depinde de situația și împrejurimile obiectului, de istoria și arhitectura sa precum și de sunet și lumină. Cu mijloacele tehnice sonore moderne și prin variația iluminării și culorilor care completează textul declamat de actori se creează o ambianță perfectă dîndu-se spectatorilor iluzia dorită.

În acest scop se înregistrează pe bandă magnetică o introducere vorbită, muzică, dialoguri între actori și zgomotele corespunzătoare. Acestea sînt apoi reproduse stereofonic, însoțite de jocul de lumini corespunzător.

Pentru acoperirea cheltuielilor trebuie să se dispună de loc suficient pentru 300—400 persoane iar dacă nu există locuri pe scaune spectacolul nu trebuie să dureze mai mult de 20—30 min.

Locul și episoadele evocate trebuie să prezinte un interes istoric. Arhitectura obiectului constituie un factor important iar prezența unui rîu sau lac permit reflexe interesante în timp ce arborii și stîncile constituie siluete utile.

Sunetul stereofonic contribuie la obținerea atmosferei împreună cu culorile alese și cu proiectoarele care scot în evidență anumite detalii ale scenei.

Cu toate că spectacolele sunet și lumină sînt recente se constată că oferă mari posibilități psihologice. Ele sînt foarte apreciate de tineret și constituie o metodă modernă pentru a-l interesa în istoria patriei sale.

N.K

CZ 621.327.3/.4

Privire asupra lămpilor și surselor de radiații cu descărcări [După J. Guanter: Elektrizitätsverwertung" 32(1957) nr. 6—7. p. 171—175].

Cînd un curent electric trece prin electrozi așezați într-o atmosferă de gaz sau vapori se produce o radiație de energie a cărei natură depinde de felul și presiunea gazului, de dimensiunile incintei și de intensitatea curentului. Descărcările se produc sub două forme : sub formă de efluvii la suprafața electrozilor sau sub forma unei descărcări luminoase umplînd tot spațiul dintre electrozi.

Lămpile cu catoda rece necesită tensiuni înalte de alimentare în timp ce lămpile cu electrozi activaţi cu oxizi şi uneori preîncălziţi funcţionează la tensiunile obişnuite ale reţelei. Descărcarea avînd o rezistenţă negativă curentul trebuie stabilizat printr-o bobină de inducţie sau un transformator cu dispersie în cazul curentului alternativ şi printr-o rezistenţă în curent continuu.

Lămpile cu luminescenţă dau o lumină foarte slabă dar datorită duratei lungi de funcţionare, de ordinul a 2 000 ore, sînt folosite pentru semnalizare, iluminat de siguranţă etc.

Lămpile cu vapori de sodiu au randamentul luminos cel mai ridicat dintre toate sursele luminoase. Ele dau o lumină galbenă care măreşte acuitatea vizuală şi pătrunde mai uşor prin ceaţă sau praf. Sînt folosite pentru iluminatul drumurilor, în turnătorii, porturi etc.

Lămpile cu vapori de mercur de joasă presiune dau radiaţii în spectrul ultraviolet. Dacă balonul permite trecerea acestora ele produc ozon — lămpile germicide — iar atunci cînd tubul este acoperit cu pulberi fluorescente se obţin tuburile fluorescente bine cunoscute, folosite la iluminat şi fotocopiere.

Lămpile cu vapori de mercur de presiune înaltă au un randament mai bun, o durată de viaţă de 5 000 ore şi servesc în scopuri medicale, ştiinţifice şi tehnice. Ele pot fi combinate cu filamente interioare de wolfram sau pot fi acoperite cu pulberi fluorescente care îmbunătăţesc spectrul şi randamentul.

Lămpile cu vapori de mercur de presiune foarte înaltă au un randament şi mai ridicat, un arc mai compact şi sînt folosite în fotografie, proiecţii şi stroboscopie.

Lămpile cu xenon dau un spectru continuu asemănător luminii zilei şi trebuie amorsate de o impulsie de înaltă tensiune şi frecvenţa ridicată. Servesc pentru deosebirea culorilor, la proiecţii, iluminatul scenelor etc.

Lămpile spectrale conţin gaze inerte sau vapori metalici care furnizează un spectru discontinuu. Dacă electrozii sînt încălziţi lămpile pot fi alimentate la 220 V. Sînt folosite pentru cercetări în optică, spectroscopie, chimie etc.

N.K.

Recenzie

CZ 537.523

BĂDĂRĂU, E.: **Fizica descărcărilor în gaze**. Col. Monografii de fizică II. Ed.Acad.R.P.R., Bucureşti 1957. 1 vol. 301 pag. 163 fig.24 tab.64 ref.

Inginerii electricieni, care prin însăşi specialitatea lor sînt avizaţi să acumuleze cunoştinţe în domeniul structurii electrice a materiei şi a fizicii fenomenelor electrice, vor fi deosebit de mulţumiţi să citească şi să studieze noua carte a academicianului Prof. E. Bădărău, despre fizica descărcărilor în gaze. Acest domeniu pasionant a format şi în trecutul eroic al cercetărilor fizice, de electricitate şi optică obiectul unor preocupări de seamă. Numele unor savanţi consacraţi ca Maxwell, J.J.Thomson, Boltzmann, Petrov, Schottky, Richardson, Langevin, Kapiţa, Frenkel, Stoletov şi alţii sînt legate de cercetările fundamentale privind descărcările electrice în gaze. Urmările acestor cercetări au fost considerabile atît pentru ştiinţele pure cît şi pentru aplicaţiile vaste în tehnică şi industrii. În acest sens este suficient să amintim aplicaţiile în iluminat ale lămpilor cu descărcări sau în electrocăldură ale arcului electric, ca să ne dăm seama de marea importanţă practică a domeniului fizic.

Cartea are două părţi. Cea dintîi cuprinde în patru capitole procesele elementare şi mişcarea particulelor electrizate în gaze; a doua, în şase capitole — studiul diferitelor forme de descărcări.

În prima parte după o scurtă introducere asupra elementelor fundamentale ale descărcărilor, primul capitol se referă la emisia de electroni sub variatele ei forme: cea termoionică, descrisă de studiile şi formulele Richardson-Dushman; cea rece sau de cîmp, legată de cercetările lui Schottky, la care după cum a dovedit Brejnev, numai aplicarea statisticii cuantice a reuşit să asigure o concordanţă între teorie şi experiment (cu ajutorul efectului tunel); emisia electronică secundară normală şi anormală, cu toate implicaţiile ei, studiate în particular de savanţii sovietici Kapiţa, Margulis şi Frenkel; emisia secundară prin efect fotoelectric legată de numele lui Stoletov şi Geiger; la sfîrşit, emisia termoionică. Cu toate acestea mai rămîn netratate o serie de cauze de emisiuni electronice, ca frecarea cu şmirghel, iradierea cu raze ultraviolete etc. practicate de mult de ingineri electricieni în laboratoare de înaltă tensiune pentru reducerea întîrzierii la amorsarea eclatoarelor.

Al doilea capitol tratează procesele elementare în volumul gazelor. După identificarea proceselor elastice şi neelastice în general, se determină noţiunea de secţiune eficace, introdusă de Ramsauer. Se descriu procesele de excitare şi ionizare a gazelor prin ciocniri cu alte particule; întîi cu electroni, ilustrate prin frumoasele experienţe ale lui Frank şi Hertz şi ale lui Compton, apoi procesele inverse, ciocnirile de genul doi, studiate pe baza rezultatelor lui Leipunski şi Latişev, în fine procesele cumulative. Procesele de excitare se studiază pe baza termenilor energiei radiate şi a liniilor spectrale, cele de ionizare se caracterizează prin funcţiile de ionizare şi prin randamentul lor.

Tratarea transferului de electroni dă ocazie autorului să expună o serie de cercetări experimentale personale, foarte interesante, asupra pierderilor de energie a ionilor, care permit o lămurire a mecanismului emisiilor secundare din catod şi a descărcărilor luminescente sau de tip Townsend, în general. La producerea de ioni negativi se aminteşte contribuţia prof. T.V.Ionescu referitoare la structura ionosferei. Procesele excitate prin fotoni în volumul de gaz se scriu şi se ilustrează prin recentele experienţe ale lui Raether în camera lui Wilson, iar termoionizarea prin formula lui Saha.

Recombinarea superficială şi în volum împreună cu disocierea ionilor negativi încheie acest capitol fundamental şi interesant.

Capitolul III cuprinde mişcarea particulelor încărcate în gaze. Se defineşte noţiunea de mobilitate şi de timp de relaxare. Se dă formula lui Langevin şi se discută experienţele care permit determinarea acestor parametri. Difuzia simplă şi ambipolară a purtătorilor de sarcini sînt apoi caracterizate pe scurt cu ajutorul unor formule simple.

Capitolul IV se referă la metodele experimentale de determinarea parametrilor gazului ionizat.

Se expune metoda sondelor iniţiată de Langmuir şi se relevă precauţiile ce sînt de luat la efectuarea experienţelor în coloană, în plasmă şi în apropierea electrozilor.

Partea a doua referitoare la formele de descărcări are o structură simplă, cîte un capitol fiind consacrat unei anumite forme de descărcare. Pe rînd sînt caracterizate principial, fenomenologic, teoretic, experimental şi din punctul de vedere aplicativ: descărcarea tip Townsend, cea luminescentă, arcul electric, scînteia, corona şi torţa, o nouă descărcare studiată în detaliu şi de cercetători romîni.

Descărcarea tip Townsend prilejuieşte o analiză mai aprofundată a condiţiilor de stabilitate şi de aprindere. Se enunţă şi se demonstrează legea Paschen, se discută, pe scurt, întîrzierea amorsării, se arată fenomenele care influenţează tensiunea disruptivă (denumită de autor potenţial exploziv).

Capitolul VI despre desărcările luminescente este amplu, ceea ce este uşor de înţeles. Se expun: influenţa sarcinilor spaţiale, dezvoltarea iniţială a descărcării luminescente, procesele de la electrozi, fenomenele luminoase şi radiante (razele canal), bilanţul coloanei, inclusiv teoria plasmei stabilită de Schottky.

Cu aceste antecedente este clar că arcul electric se poate trata mai pe scurt în capitolul VII, ceea ce rămîne totuşi în dauna inginerilor electricieni, care ar dori, cred, să găsească tocmai aici o serie de explicaţii la complicatele fenomene pe care le întîlnesc în aplicaţii. În introducerea istorică se amintesc lucrările savantului rus Petrov care încă în anul 1802 a descoperit şi a descris arcul electric, cu doi ani înainte de Dawy. Se discută apoi fenomenele la catod, bilanţul termic, temperatura şi, în mod calitativ, caracteristica electrică a arcului. Se arată principalele aplicaţii ale

arcului ca element de redresare şi izvor de lumină, atît în forma sa la presiune normală, cît şi la înalte presiuni.

Capitolul VIII tratează despre scîntei. Se atinge din nou problema întîrzierii la amorsare fără a o dezvolta. Fenomenele la aprinderea scînteilor se descriu cu ajutorul streamerilor, scînteile lungi cu ajutorul descărcărilor premergătoare incomplete (de fapt „leader").

Descărcarea „în coroană" se analizează în capitolul IX, dîndu-se formula lui Peek, fără a aminti formula lui Holm, mai puţin empirică. Cazul unui electrod ascuţit şi al unui electrod de mare suprafaţă se discută în detaliu, aplicaţiile fiind electrofiltrele şi separatoarele.

Ultimul capitol se referă la descărcările în cîmpuri alternative, mai ales în cele de înaltă frecvenţă. În centrul atenţiei este aici descărcarea în torţă care s-a cercetat de un colectiv în frunte cu autorul, propunîndu-se utilizarea ei ca sursă spectrală de radiaţii greu realizabile cu alte mijloace.

Bibliografia cuprinde atît tratatele de bază în materie, cît şi o serie mai scurtă de articole de revistă, între care se relevă lucrările autorului şi a colectivelor conduse de autor în cursul lungii şi bogatei activităţii de cercetător. Un scurt index alfabetic încheie volumul.

Autorul, un perfect cunoscător al tuturor problemelor referitoare, care a trăit dezvoltarea acestui domeniu, a reuşit să sintetizeze pe un spaţiu redus o cantitate mare de informaţii utile asupra descărcărilor electrice. Provenită în mod evident dintr-un curs predat la Universitate, atît prin materialul expus, cît şi prin nivel, cartea depăşeşte cu mult cadrul unui curs universitar. Ea se poate recomanda nu numai studenţilor, dar mai ales tinerelor cadre de cercetători fizicieni şi ingineri din institute şi întreprinderi, care au nevoie de completarea cunoştinţelor lor în acest domeniu mai greu accesibil.

Într-adevăr, cititorul este condus în mod progresiv şi organizat prin labirintul cunoştinţelor fizice, teoretice şi experimentale privitoare la descărcările electrice. Se descriu întîi observaţiile şi se precizează noţiunile fundamentale apoi se descriu în amănunte experienţele, din care se cristalizează fenomenele elementare, care se supun unei analize minuţioase din punct de vedere fizic şi matematic. După aceasta, se tratează diferitele forme de descărcare, care se caracterizează pe baza elementelor cunoscute. Astfel, materia se desfăşoară viu, dar ordonat din cunoştinţele discutate.

Deducerile simple ale formulelor teoretice se dau de obicei integral, uneori cu litere de corp mai mic decît textul obişnuit. Există şi lipsuri. Nu apar : deducerea drumului liber al electronilor la pag.16 ; deducerea formulei lui Richardson (9) la pag.18 ; indicaţia asupra soluţionării ecuaţiei diferenţiale (121) a difuziunii la pag.136 ; analiza cantitativă a întîrzierii la amorsare a scînteilor la § 72. Se dau însă unele deduceri mai complicate, dar de mare importanţă ca : a efectului Schottky la § 2 ; a principiului de reversibilitate la § 14, a formulei lui Langevin privind mobilitatea electronilor în § 27 ; a condiţiei Townsend de amorsare în § 41 ; a legii lui Paschen (171) la pag.180, a legii lui Langmuir privind emisia cu sarcini spaţiale în § 47, a teoriei lui Schottky asupra coloanei pozitive la § 61 şi a teoriei arcului de înaltă presiune în § 71.

Am ţinut să facem aceste indicaţii tocmai pentru a arăta utilitatea cărţii pentru studenţi şi cercetători.

Dacă ar trebui să caracterizăm cu un singur cuvînt această carte ar trebui să spunem *„echilibru"*. Într-adevăr există un echilibru cît se poate de favorabil între fondul ştiinţific, uneori greu accesibil, şi forma de expunere curgătoare, în dozarea părţilor fenomenologice, teoretice şi experimentale, în citarea autorilor străini, relevarea contribuţiilor sovietice şi prezentarea, cu toată modestia, a unor contribuţii ştiinţifice româneşti.

În ceea ce priveşte partea formală de prezentare, trebuie să admitem, că atît autorul cît şi editura au depus un efort considerabil pentru o apariţie ireproşabilă. Totuşi din punct de vedere al inginerilor electricieni sînt de făcut cîteva observaţii cu caracter formal. În primul rînd sistemul de unităţi cgs utilizat curent în fizică nu poate satisface pe ingineri, între altele din cauza subtilizării unor parametri de material ca, de exemplu, a constantei dielectrice în formula (200) p. 208, şi din cauza apariţiei unor factori numerici în formulele în care apar mărimi măsurate în unităţi practice, ca a tensiunii electrice în V, de exemplu în formulele (49) la pag.69, sau (247) la pag.273. Formule de acest tip deduse teoretic, capătă aspectul celor stabilite empiric, cînd ele ar putea să apară într-un sistem coherent de unităţi fără factori numerici „paraziţi".

În ceea ce priveşte notaţiile trebuie să felicităm editura că s-a decis să scrie — de altfel conform STAS — pe d diferenţial cu literă dreaptă (ex. la pag.235) iar pe *d* distanţă cu literă cursivă (de ex. la pag.273), evitînd o confuzie ce se face mult prea des. În schimb în mod consecvent, ar trebuit ca baza logaritmilor naturali e să fie scrisă cu literă dreaptă, fiind un număr definit, distingînd-o de sarcina elementară *e* care se scrie cursiv, aşa cum trebuie. Confuzia posibilă apare imediat, de exemplu la citirea formulelor (188) pag.195 sau (246) şi (247) pag.272 şi 273. Litera *N* încă este întrebuinţată cu cinci semnificaţii deosebite : ca numărul de ioni care trece în unitatea de timp printr-o secţiune (pag.9, 136 şi 234), ca numărul lui Avogadro (pag.19), ca putere electrică (pag.260), ca reprezentînd concentraţii (pag.81, 246) şi ca numărul de procese în unitatea de timp (pag.120). Desigur că notaţiile prezintă problema greu de rezolvat într-o carte de fizică, dar s-ar putea reduce multitudinea de semnificaţii de exemplu prin notarea puteri electrice cu *P* (v.STAS), a debitului de particule cu *N* şi a concentraţiei cu *n*. Litera *V* se întrebuinţează curent pentru a desemna potenţialul electric, totuşi în carte este vorba aproape exclusiv de tensiuni electrice, deci de diferenţe de potenţial, care se notează în ultimul timp cu litera *U*, ceea ce elimină confuzia între *eV* ca mărimea energiei electronului şi eV ca unitate (electronvolt), de exemplu în formula (48) şi la pag.67 — 68.

Funcţia Bessel de speţa întîi şi ordinul zero cu argumentul z (v.pag.235) trebuie notate $J_0(z)$ cu J drept, nu cu I_0 cursiv, care la electricieni înseamnă curent total iniţial, la matematicieni funcţia Bessel modificată (cu argument imaginar).

Despre figuri s-ar putea spune multe. Inginerii care calculează cu valori concrete preferă caroajul ca în figurile exemplare 106—109 de la pag.170 şi 171. Fizicienii se mulţumesc cu notarea scărilor pe axele coordonate, ca în fig.32, 103, 142 etc. Nu se poate cere evident caroaj la figurile calitative ca 9 (pag.24), 99 (pag.159), 127 (pag.199). La acestea însă curbele ar trebui să fie trasate mai gros decît axele coordonate şi acestea mai gros decît liniile auxiliare.

Stilul este curgător şi clar. El permite o citire rapidă a multor pasage fără a împieta asupra inteligibilităţii.

Sîntem de acord cu asimilarea cuvîntului strimer cu toate că sensul întrebuinţat nu este cel just şi lipseşte noţiunea de „lider", dar în ceea ce priveşte descărcarea „în coroană" inginerii electricieni ţin încă la denumirea latină corona care s-a introdus în mod general. De asemenea sîntem de acord cu fonetizarea numelor ruseşti, dar trebuie să scriem Rogowski cu k deoarece numele maestrului de la Aachen este mult prea cunoscut în cercurilor inginerilor electricieni din citirea directă a operelor sale, devenite astăzi clasice.

Aceste observaţii de detaliu sînt destinate în mod evident a înlesni şi îmbunătăţii o ediţie viitoare pe care o credem relativ apropiată, avînd în vedere utilitatea cărţii şi numărul mare de cititori şi interesaţi a o avea şi a o studia. Cu aceasta felicităm pe academicianul Bădărău pentru reuşita sa carte şi îi dorim un succes deplin.

Prof. dr.-ing. **A. Avramescu**

ELECTROTEHNICA

Volumul V, 1957

Index sistematic

A. GENERALITĂŢI

Aa. Biografii — Istorie — Învăţământ — Cercetări ştiinţifice — Vocabular.

CZ 621.3 : 92

Aa 1 — [Avramescu Aurel (Dr. ing.)] : *O sută de ani de la naşterea lui H. Hertz.* Nr **3** p 97

CZ 621.3 : 92

Aa 2 — [Avramescu Aurel (Dr. ing.)] : *Acad Corneliu Miklosi a împlinit şaptezeci de ani.* Nr **4** p 130, portr

CZ 621.3 : 37

Aa 3 — [Avramescu Aurel (Dr. ing.)] : *Cursuri de ştiinţă şi tehnică organizate de Casa oamenilor de ştiinţă de pe lîngă Acad RPR.* Nr **4** p 131—132

CZ 621.3.001 : 891

Aa 4 — Hortopan Gh (Ing.) : *Institutul electrotehnic unional.* Nr **11** p.

CZ 621.3.001.5 (R)

Aa 5 — Red. : *Problemele ştiinţifice ale electrotehnicii romîneşti.* Nr **1** p 2—4

CZ 621.3 : 061.6

Aa 6 — Stere Roman (Ing. Dir. ICPET) : *Rolul institutului de cercetări şi proiectări electrotehnice în introducerea tehnicii noi în industria electrotehnică şi energetică.* Nr **8** p 234—237

CZ 621.3.01.001.11

Aa 7 — Red. : *Terminologia electrotehnică în URSS.* Nr **11** p.

CZ 621.3.01.001.11

Aa 8 — (Acad. de Şt. URSS. Comit. de Terminologie tehnică) : *Terminologia electrotehnicii teoretice* — (Cuvînt introductiv şi text). Nr. **11** p.

CZ 621.3.01.001.11

Aa 9 — Neiman L. R. : *Terminologia electrotehnicii teoretice.* (Trad). Nr **11** p.

Ab. Tehnologia materialelor.

CZ 621.318.322

Ab 1 — Ivaşcu V. (Ing.) şi Tanach Valentin (Ing. ICPET) : *Materiale magnetice moi pe bază de ferite.* Nr **9** 290—299, 7 fig, 4 tab, bibliogr, 13 referinţe.

CZ 621.315.612.2

Ab 2 — Nicolae Maria (Ing.) şi Marcus Bruno (Ing. ICPET) : *Porţelan electrotechnic cu materii prime din ţară.* Nr **9** p 281—283, 5 diagr, bibliog. 30 referinţe.

CZ 621.315.614

Ab 3 — (...) : *Referate* : *Materiale electrotehnice.* Nr **2** p 61 ; Nr **4** p 126 ; Nr **5** p 162 ; Nr **6** p 190 ; Nr **8** p 265 ; Nr **9** p 305

Ac. Tehnoclimatologie.

Ad. Dispozitive şi Procedee utilizate în Proiectare.

Ae. Ştiinţe de bază : Matematica, Fizică, Chimie etc

CZ 621.372 : 517.433

Ae 1 — Andronescu Pl. (Prof. Dr. Ing.) : *Aplicarea calculului operaţional în studiul circuitelor electrice.* Buc. 1957 : 182 p (8°) fig Edit tehnic [Rec. crit : Avramescu A. Nr **7** p 228]

CZ 538.551.4 : 511.24

Ae 2 — Antoniu I S (Conf. Dr. Ing) : *Asupra calculului puterii în curent alternativ cu ajutorul cantităţilor complexe* [Electrotehnica 3/1955) Nr **6** p 34—40].

— cf : Observ Andronescu Plautius (Prof dr ing) Nr **3** p 85, 2 fig şi replica autor p 85—88. Erata. nr **5** p 164

CZ 621.372 : 517.433

Ae 3 — Antoniu I. S : *Folosirea operatorilor complecşi la studiul circuitelor electrice polifazate.* [Electrotehnica 3/1955) Nr **8** p 364—370]

— cf : Observ : Andronescu Pl Nr **4** p 119—121, 5 fig şi replica autor p 121—122, bibliogr, 21 referinţe

CZ 621.372 :517.433

Ae 4— Doetsch G. : *Indrumător pentru aplicarea practică a transformării Laplace.* München 1956 : 198 (8°) R. Oldenbourg
(Re—c : Leichter Liviu Nr **3** p 97)

CZ 621.316.11

Ae — 5 — Mocanu C. (Ing.) : *O teorie unitară a schemelor echivalente pentru transfigurări topologice.* Nr. **12** p. 405

CZ 537.523

Ae — 6 — Bădărău E. *Fizica descărcărilor în gaze. Col. monografii de fizică II.* Ed. Ac. R.P.R. Bucureşti 1957. (Rec. dr ing. A. Avramescu Nr. **12**, p. 433.

CZ 536.2

Ae — 7 (...) : *Referate* : *Fizica.* Nr **3** p 89

Af. Electrofizică teoretică (Electricitate şi Magnetism).

CZ 537 : 621.3

Af — 1 — (Calaşnicov S. G. : *Electricitatea.* Moscova 1956 : 664 p (80) 552 fig. (Rec : Timotin Al. (Ing.) şi Tugulea A. (Ing.) Nr **9** p 307—308)

Ag. Electrotehnică teoretică

CZ 583.122 : 621.3

Ag 1 — Netuşil A. V. şi Polivanov K. M. : *Bazele electrotehnicii III* : *Teoria cîmpului electromagnetic.* Moscova 1956 : 190 p (8°)
(Rec : Timotin Al. (Ing.) Nr **5** p 163—164)

Ag 2 — (...) *Referate* : *Electrotehnica teoretică.* Nr **9** p 304

B. PRODUCEREA ŞI DISTRIBUŢIA ELECTRICITĂŢII

Ba. Centrale electrice.

Bb. Maşini electrice.

CZ 621.313.017.71

Bb 1 — Bunea V. : *Consideraţii asupra unor maşini electrice dimensionate la limita de încălzire.* [Electrotehnica 4/1956) Nr **2** p 61—64]
— cf. Observaţiuni : Bogdănescu Gh (Ing) Nr 1 p 28—29 şi replica Autorului p 29—30

CZ 621.319.53

Bb 2 — Hortopan Gh. (Ing.) : *Observaţii privind calculul şi comanda unui generator de impuls.* Nr **1** p 13—18, 9 fig bibliogr, 13 referinţe

CZ 621.313.33.015.3

Bb 3 — Manea Florin (Ing. Buc) : *Regimuri electromagnetice tranzitorii simetrice ale maşinii asincrone.* Nr **6** p 179—183, bibliogr, 8 ref.

CZ 621.313.32 : 517.43

Bb 4 — Manea Florin : *Ecuaţiile operaţionale generale ale maşinii asincrone.* Nr **2** p 43—48, 2 scheme, bibliogr. 9 ref.

CZ 621.313.32 : 517.433

Bb 5 — Manea Florin : *Ecuaţiile operaţionale, în coordonatele vectorilor reprezentativi rezultanţi, ale maşinii sincrone.* Nr. **7** p 210—218, 2 fig, 1 tab, bibliogr. 25 ref

CZ 621.316.7.077.2 : 621.3.043.3

Bb 6 — Moraru A (Ing. Buc.) : *Rezistenţa rotorului în formă de pahar.* Nr **5** p 153—156, 3 fig, bibliogr, 6 ref

CZ 621.313.222.012 : 621.3.045.31

Bb 7 — Morozov D. P. şi Stoica V. I. (Moscova, Inst. Energetic) : *Caracteristicile electromecanice ale motorului serie de curent continuu cu înfăşurare de excitaţie conectată în punte Graetz.* Nr. **3** p 69—76, 8 fig, 3 tab

CZ 621.313.32.013.8

Bb 8 — Nedelcu V. N. (Ing.) Creţu D. (Ing.) şi Apetrei C. (Ing): *Determinarea vitezei de răspuns a excitatoarelor generatoarelor sincrone* (cu exemple de calcul). Nr **2** p 49—58, 9 fig. 2 tab. bibliogr. 9 ref

CZ 621.315.1.05 : 621.317.727

Bb 9 — Nedelcu V. N. (Ing.): *Sistemele de unităţi relative folosite în teoria maşinii sincrone.* Nr **4** p 106—113, bibliogr. 11 ref

CZ 621.313.32

Bb 10 — Nedelcu V. N. (Ing.): *Cuplul electromagnetic dezvoltat de maşina sincronă în regimul conectării la reţea prin metoda autosicronizării.* Nr **11** p...

CZ 621.313

Bb 11 — Petrov G. N.: *Maşini electrice.* Vol I. Moscova 1956 : 220 p (8°)
(Rec: Gheorghiu I. S. (Prof. Ing) şi Nedelcu V. N. (Ing.) Nr **2** p 64—66)

CZ 621.313.045

Bb 12 — Richter R.: *Manual de bobinajele maşinilor electrice.* Karlsruhe 1952
[Rec: Weisman J. Nr **3** p 95—96]

CZ 621.313

Bb 13 — [...]: *Referate*: *Maşini electrice*: *acţionari.*: Nr **1** p 30 şi 34 : Nr **2** p 61 : Nr **3** p 91 : Nr **4** p 123 : Nr **5** p 157 : Nr **6** p 188 : Nr **7** p 226 : Nr **8** p 264 : Nr **9** p 304

Bc. Transformarea energiei electrice.

CZ 621.314.634

Bc 1 — Mozes Gh. (Chim.), Cosăceanu Lidia (Ing.) şi Ţenescu Elena (Ing. ICPET): *Fabricarea celulelor redresoare cu seleniu.* Nr **9** p 269—280, 22 fig. 3 tab, bibliogr, 9 ref

CZ 621.314.228.8.088

Bc 2 — Semlyén A. (Ing. Timişoara): *Metode moderne de compensare a transformatoarelor de curent*: *cazuri particulare de magnetizare.* Nr **7** p 218—224, 18 fig, bibl 10 ref

CZ 621.314.2

Bc 3, 4 — (...): *Referate*: *Transformatoare. Redresoare.* nr 1 p 31 ; Nr **4** p 123 ;
nr **5** p 162 ; Nr **7** p 226

CZ 621.314.211

Bc — 3. Corlăţeanu V. (Ing.) şi Şerban Gh. (Ing.): *Amortizarea armonicelor de ordin* 3 *la transformatoarele trifazate.* Nr **12** p 395

CZ 621.314.212

Bc — 4. Hortopan Gh. (Ing.): *Transformatoarele de mare putere şi de înaltă tensiune.* Nr. **12** p 415

Bd. Transportul energiei electrice.

CZ 621.311.1 : 621.315.52/53

Bd. 1 — Avramescu A. (Prof. Dr. Ing.): *Conductoare din oţel-aluminiu în reţele rurale.* Nr **2** p 37—42, 4 diagr, 1 tab, bibliogr. 31 ref

CZ 621.315.615.2

Bd 2 — Mozes Gh. (Chim) şi Cosăceanu Lidia (Ing. ICPET): *Studiul stabilităţii uleiului de transformator.* Nr **9** p 299—304, 7 diagr. 1 tab, bibliogr, 4 ref

CZ 38.532.9 : 661.3.012.8

Bd 3 — Preda M. (Ing. Craiova): *Formule generale ale reţelelor utilizate în metoda componentelor simetrice, la studiul reţelelor trifazate.* Nr **6** p 170—179, 11 fig, 1 tab, bibliogr, 8 referinţe

CZ 626.372 : 512.831

Bd 4 — Preda M. (Ing. Craiova): *Consideraţii asupra aplicării calculului matricial în studiul reţelelor electrice.* Nr **5** p 134—138, 2 fig

CZ 621.315.52.011

Bd 5 — Saviuc V, Sabatin I. şi Crişan Al. (Ing. Craiova): *Parametrii electrici în curent alternativ ai conductoarelor unifilare de oţel, de producţie indigenă.* Nr **5** p 148—153, 9 fig, bibliogr 9 referinţe

CZ 621.315.1.025.3 : 621.316.935

Bd 6. — Timotin A. (Ing.): *O schemă echivalentă pentru reţeaua trifazată cu bobină de stingere.* Nr **7** p 224—226, 5 fig

CZ 621.315.2

Bd 7 — (...): *Referate*: *Cabluri electrice.* Nr **7** p 227 : Nr 8 p 264

CZ 621.315

Bd 8 — (...): *Referate*: *Linii şi reţele electrice.* Nr **1** p 32 ; Nr **4** p 128 ; Nr **7** p 227; Nr **8** p 266

Be. Distribuţia Energiei electrice inclusiv Aparataje.

CZ 621.313.32.001 : 621.317.081.4

Be 1 — Cotnăreanu I. (Ing. ICPET): *Divizor de tensiune capacitiv pentru reţele energetice* (de 110 kV). Nr **4** p 102—106, 5 fig, 5 tab, bibliogr 7 refer.

CZ 621.316.933.3

Be 2 — Donici Silviu (Ing.) şi Mihăescu Mariana: *Descărcătoare cu rezistenţă variabilă construite în ţara noastră* (tip ICPET). Nr **8** p 237—245, 10 fig, 4 tab. bibliogr, 16 referinţe

CZ 621.315.623.4 : 537.212

Be 3 — Popescu Gh. şi Tănăsescu Fl. (Ing.): *Imaginea cîmpului electric în jurul izolatoarelor suport de interior indigene de* 6, 10, 20, 35 kV *şi comportarea lor la unde de impuls de tensiune.* Nr **5** p 139—147, 10 fig, 5 tab, bibliogr. 16 referinţe

CZ 621.316.262

Be. 4 — (...): *Referate*: *Staţii.* Nr **2** p 63

CZ 621.316.3

Be 5 — (...): *Referate*: *Intreruptoare.* Nr. **1** p 31 : Nr **8** p 266

C. TEHNICA MĂSURĂRII ŞI INCERCĂRILOR ELECTRICE

CZ 621.318.4 : 621.317.333

C — 1. Aronovici E. (Ing. ICPET): *Aparat electronic pentru determinarea numărului de spire şi al scurtcircuitelor în bobinajele mici.* Nr **8** p 262—263, 1 fig, 1 tab

CZ 621.313.784.083.722

C — 2. Duma Mario (Ing. ICPET): *Telewattmetru electric pentru distanţe mari.* Nr **8** p 258—262, 5 fig, bibliogr, 7 referinţe

CZ 621.316.13.025.3 : 621.317.382

C — 3. Fränkel D. (Ing.): *Măsurarea puterii active şi reactive în sisteme trifazate, cu trei conductoare, cu un singur wattmetru.* Nr **2** p 58—60, 5 fig, bibliogr, 5 referinţe.

CZ 621.318.423 : 621.315.53

C — 4. Fränkel D. (Ing.): *Măsurarea puterii maxime şi de nesimetrie în sisteme trifazate.* Nr **3** p 82—84, 5 fig, bibliogr, 6 referinţe

CZ 621.317.35

C — 5. Hortopan Gh. (Ing.): *Incercarea la puterea de rupere a intreruptoarelor de înaltă tensiune,* Nr **11** p...

CZ 621.316.13.025.3.621.317.38

C — 6. Preda M. (Ing.) şi Ambrozie C. (Ing.): *Posibilităţi de măsurarea puterii reactive şi a energiei reactive în reţelele trifazate nesimetrice.* Nr **1** p 19—27, 5 fig, 3 tab. bibliogr, 6 referinţe.
Erata Nr **5** p 132

CZ 621.317.35

C — 7. Predoiu A. (Ing.): *Studiul cu ajutorul oscilografului şi fotografierii rapide a procesului de stingere a arcului electric la aparatele de joasă tensiune* (instalaţie realizată la „Electroaparataj"). Nr **11** p...

CZ 621.3

C — 8. (...) *Referate*: *Aparate de măsură electrice şi măsurători electrice.* Nr. **1** p 35 ; nr **3** p 92 ; Nr **4** p 124 şi 128 ; Nr **5** p 160—161 ; Nr **6** p 191 ; Nr **8** p 265 şi 267 ; Nr **9** p 304 şi 306

CZ 621.317

C — 9. Şora I. (Ing.): *Determinarea experimentală a caracteristicii cuplului la motoarele asincrone cu rotorul în scurtcircuit.* Nr **12** p...

D. APLICAŢII TEHNICE ALE MAGNETISMULUI ŞI ELECTROSTATICII

CZ 621.319.4.027.5 : 621.316.727

D — 1. Bercu A. (Ing. ICPET): *Problemele construcţiei condensatoarelor de forţă pentru tensiunea de* 6,6 kV. Nr **8** p 252—258, 8 fig, 2 tab. bibliog 11 referinţe

CZ 621.318.423.041.1

D — 2. Moraru Augustin (Ing.): *Dimensiunile optime ale bobinelor cu miez de fier la un factor de pierderi dat.* Nr **7** p 198—210, 9 fig, 5 tab

CZ 621.318.423 : 621.315.53

D — 3. Niţu V. I. (Ing.): *Condiţiile înlocuirii cuprului cu aluminiul la bobinele de reactanţă.* Nr **3** p 77—81, 9 fig, 2 tab. bibliogr. 6 referinţe

CZ 621.318.5

D — 4. Semlyén A. (Ing. Timişoara): *Despre alegerea dimensiunilor principale ale lamelor bimetalice simple folosite cu relee de supra curent.* Nr **6** p 183—188, 4 fig

D — 5. (...) *Referate*: *Condensatoare.* Nr **2** p 64

E. ILUMINATUL ELECTRIC

CZ 628.9

E — 1. [ASIT]: *Pentru o îmbunătăţire a iluminatului în RPR* (programul lucrărilor Comis. permanente de iluminat). Nr **10** p 310

CZ 621.326.72.032.18

E — 2. Grigorovici R (Ing.) şi Roth Al. (Ing. „Electrofar"): *Metodă de proiectare a lămpilor cu incandescenţă umplute cu gaze inerte.* Nr **10** p 338—344, 6 fig

CZ 683.853

E — 3. Ionescu Emil (Ing. IPROMET): *Sticla prizmatică plană utilizată pentru corpuri de iluminat.* Nr **10** p 325—329, 16 fig, bibliogr, 5 ref

CZ 621.326.7

E — 4. Ionescu Emil (Ing. IPROMET) şi Sebestyen Ervin (Ing „Electrofar") *Lămpi incandescente cu Kripton.* Nr **10** p 344—348, 3 tab, bibliogr 7 referinţe

CZ 628.9

E — 5. — Köln W.: *Lichttechnik.* Berlin 1952 : 1 vol (8°) Helios-Verlag (Rec: Rosenberg N. (Ing.). Nr **10** p 350).

CZ 628.93 : 621.327.43

E — 6. Nahmias Gaston (Ing.) şi Rosenberg Nathan (Cercet.): *Asupra problemei deficienţelor instalaţiilor de iluminat cu lămpi fluorescente.* Nr **10** p 329—337, 5 fig, 4 tab, bibliogr. 17 referinţe

CZ 628.971.7 : 79.093.5

E — 7. Schapira Walter (Ing.) şi Militaru P. (Ing.): *Instalaţii pentru iluminatul nocturn al stadioanelor. Prezentarea instalaţiei proiectate pentru stadionul „Republicii" din Bucureşti.* Nr **10** p 311—324 23 fig, bibliogr, 17 referinţe.

CZ 621.32

E — 8. (...): *Referate*: *Iluminat.* Nr **4** p 129; Nr **10** p 348

F. TRACŢIUNEA ELECTRICĂ (PE CALE FERATĂ ŞI PE ŞOSEA)

CZ 621.33

F — 1. Hardt M.: *Electrificarea căilor ferate din URSS.* Nr **11** p...

CZ 621.331

F — 2. (...): *Referate*: *Tracţiunea electrică*, Nr. **1** p 32; Nr **2** p 63; Nr **4** p 127; Nr **9** p 307

G. TEHNICA ELECTROCHIMICĂ

Ga. **Producerea şi acumularea electricităţii pe cale chimică. Baterii. — Acumulatoare.**

CZ 621.352.32

Ga — 1. Barosu Mircea (Chim.) şi Diaconu Lucia (Chim.): *Fabricarea bateriilor anodice plate de tipul* Zn-MnO_2. Nr **9** p 284—289, 2 fig, 5 tab bibliogr. 10 referinţe

CZ 621.351.32

Ga — 2. Fihman L. (Ing.): *Pile moderne cu electrodul pozitiv din bioxid de mangan.* Nr. **4** p 113—118. 5 fig. bibliogr 21 referinţe

Ga — 3. Fihman L.: *Pile şi acumulatoare.* (În „Manualul inginerului electrician" Vol III. Buc. 1956). (Rec crit: Lazu C. (Ing.) (Nr **1** p 35—36)

Gb. **Galvanotehnică. Electrochimie tehnică etc**

CZ 621.352

Gb — 1. (...): *Referate*: *Electrochimie.* Nr. **2** p 63; Nr **3** p 94

H. ELECTROCĂLDURA. TERMOELECTROTEHNICA

CZ 621.369 : 621.316.8

H. — 1. Avramescu Aurel (Prof. Dr. Ing.): *Rezistenţe tubulare tip plonjor, pentru aparate electrotermice.* (Comunicare ICPET). Nr. **1** p 4—13, 8 diagr. 4 tab, bibliogr, 20 referinţe

CZ 621.36

H — 2. (...): *Referate*: *Electrocăldură.* Nr **3** p 268

CZ 621.36 : 621.791.736

Hc — 3 (...) *Referate*: *Sudură electrică.* Nr **1** p 34; Nr **2** p.

I. ELECTRONICA, APARATE ELECTROBIOLOGICE ŞI ELECTROMEDICALE, TEHNICA RÖNTGENOGRAFICĂ

J. TEHNICA OSCILAŢIILOR ELECTRICE

CZ 621.372

J — 1. Brillouin L. et Parodi M.: *Propagarea undelor în medii periodice.* Paris 1957 : 348 p (8°) Masson (Rec. Nicolau Edm (Prof Ing) Nr **9** p 308)

CZ 621.372.2 : 519.3

J — 2. Freund P. G. O. (Student, Timişoara): *Generalizarea metodei variaţionale de stabilire a ecuaţiilor telegrafiştilor pentru cazul liniilor disipative.* Nr **5** p 156

CZ 621.375.3

J — 3. Şapira Sergiu (Ing. Buc.): *Elemente de calcul ale amplificatoarelor magnetice.* Nr **8** p 246—251, 7 fig, bibliogr, 9 referinţe

CZ 538.512

J — 4. Stănciulescu Fl. (Ing.): *Regimul aperiodic critic în circuitul serie RLC.* Nr **1** p 27—28, 2 fig.

CZ 621.37

J — 5. Nicolaide A. (Ing.): *Metode pentru studiul fenomenelor tranzitorii la transformatoare.* Nr **12** p 428

CZ 621.375.3

J — 1. (...): *Referate*: *automatizări*: *amplificatoare*: *maşini de calcul* Nr **1** p 31

L. TEHNICA NUCLEARĂ, OBŢINEREA ŞI UTILIZAREA ENERGIEI NUCLEARE SI A MATERIALELOR RADIOACTIVE

CZ 621.384

L — 1. (...): *Referate*: *Energia nucleară.* Nr **3** p 89

M. APLICAŢII DIVERSE ALE ELECTRICITĂŢII

CZ 624.85 : 621.34

M — 1. Botan N. V. Sebastian I. şi Poeata N.: *Acţionarea electrică şi utilajul electric al podurilor rulante normale.* Buc 1956; 332 p (8°) Edit Tehnică (Rec: Corlăţeanu V. (Dr. Ing.) (Nr **3** p **96**).

N. ACCIDENTE ŞI AVARII – NORME, PRESCRIPŢII. – CONGRESE, EXPOZIŢII – BREVETE

CZ 621.3 : 389.6

N – 1. (...): *Referate : Norme şi standarde.* Nr **9** p 307

Na. Accidente şi Avarii. Protecţie.

Nb. Expoziţii, Tîrguri de Mostre. Congrese. Rapoarte.

CZ 621.3 : 061.3

Nb – 1. A S I T. : *Şedinţa lărgită a Biroului din ian a. c.* Nr 1 p 36

CZ 374.6 : 62 : 061.2

Nb – 2. A S I T. : *Consfătuire în legătură cu problema normării şi reducerii progresive a consumului specific de energie electrică în întreprinderile industriale.* Nr **3** p 100

CZ 621.3 : 061.3

Nb – 3. A S I T. : *Lucrările celui de al 2-lea Congres ASIT. Rezoluţia.* Nr. **6** p 165–169

CZ 621.3 : 061.3

Nb – 4. A S I T : *Rezoluţia secţiei Energetică şi Electrotehnică în cadrul celui de al 2-lea Congres ASIT.* Nr **7** p 230–232

CZ 621.3 : 061.3

Nb – 5. A v r a m e s c u A. (Dr. Ing.) : *Cea de a 2-a consfătuire naţională asupra automatizării industriale.* (Buc. 5–8 Iunie 1957). Nr **7** p 229

CZ 621.3 : 61.6 : 061.3

Nb – 6. (A v r a m e s c u A.) : *Prima sesiune de comunicări tehnico-ştiinţifice ICPET.* Nr **8** p 268

CZ 621.3 : 061.4

Nb – 7. (A v r a m e s c u A) : *Tîrgul de mostre de la Leipzig* 1957. Nr **3** p 100

CZ 621.3 : 061 CEI

Nb – 8. (C o m i t. d e P a r t i c i p a r e U R S S) : *Salut delegaţilor la reuniunea de la Moscova a Comis. electrotehnice internaţionale* Nr **7** p. 198

CZ 621.3 : 061 CRI

Nb – 9. D u n s h e a t h P e r c y (Dr. Presed. CEI) : *Mesajul [cu privire la sesiunea CEI de la Moscova* 1957], Nr. **7** p 197

CZ 621.3 : 061 CRI

Nb – 10 : L a z a r i d e G h. : *Lucrările CEI.* Nr **3** p 98–99

CZ 621.3 : 061.3

Nb – 11. L a z a r i d e G h. (Ing.) : *Din raportul secţiei „Energetică şi Electrotehnică" la al 2-lea Congres ASIT.* Nr **6** p 192–196

CZ 621.8 : 061.3 (430)

Nb – 12. [M a r i n e s c u M.] : *Al 7-lea Congres al Asoc. de Electrotehnică, Weimar iunie* 1957. Nr **4** p 129

CZ 621.3 : 0613 (R)

Nb – 13. (P a p a d a c h e I.) : *Conferinţă asupra problemelor automatizării industriale în RPR.* Nr **4** p 130–131

CZ 621.3 : 061 CEI

Nb – 14. R e d : *Comis. electrotehnică internaţională.* Nr **4** p 101–102

CZ 621.3 : 061.3

Nb – 15. R e d. : *Salut celui de al 2-lea Congres ASIT.* nr **5** p 133

CZ 621 : 061.3

Nb – 16. *S. I.* : *A 3-a sesiune ştiinţifică de comunicări a cadrelor didactice din Inst Politehnic Buc : (secţiunile electrotehnică, maşini şi aparate, energetică).* Nr **6** p 196

CZ 621.3 : 061.3 (R)

Nb – 17. (...) : *Prima conferinţă a electricienilor din RPR. Buc* 11–14 *noiembrie* 1957. Nr **10** p 309–310 : Program şi lista comunicărilor p 350–352

CZ 621.3 : 061.6 061.3

Nb – 18. — *Prima sesiune de comunicări tehnico ştiinţifice a Inst de cercetări şi proiectări electrotehnice.* Nr. **8** p 233–234

Nc. **Brevete şi Invenţii.**

Nd. **Prescripţii şi norme.**

CZ 621.313.061.3

Nd. 1 – L a z a r i d e G. (Ing.) : *Lucrări ale CEI privind maşinile — electrice :*
1. *Serie unică de dimensiuni pentru motoare electrice.*
2. *Standardizarea dimensiunilor capetelor de axe şi flanşelor de fixare pentru motoare asincrone în scurt-circuit.* Nr **2** p 66–68, 2 fig, 4 fig.

O. REDACŢIONALE

CZ 5(57)

O – 1. R e d. : *Sarcinile revistei noastre în urma plenarei CC al PMR din* 27–29 dec. 1956. Nr **1** p 1

O – 2. R e d. : *A 40-a aniversare a Marii Revoluţii din Octombrie.* Nr **11** p.

Indice de nume

Prescurtări :

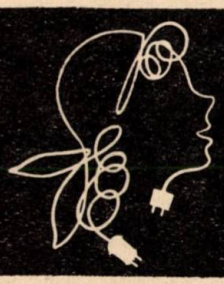
P : *Discuţii, Polemici.*
R : *Recenzent.*
X. *Nume menţionat în fişe.*
+ : *Biografie, necrolog.*

Academia de Ştiinţe a URSS	Aa 8
Ambrozie C.	C6
Andronescu Plautius	P : Ae 2, 3 : X : Ae 1
Antoniu I. S.	P : Ae 1,3
Apetrei C.	B b 8
Aronovici E.	C 1
ASIT	Nb 1–4
Avramescu Aurel	Aa 1–3 : Bd 1 : H 1 : Nb 1,2 : R : Ae 1
Barosu M.	Ga 1
Bercu A.	D 1
Bogdănescu G.	P : Bb 1
Boţan N. V.	X : M 1
Brillouin L.	X : J 1
Bunea V.	P : Bb 1
Calaşnicov S. G.	X : Af 1
Cosăceanu Lidia	Bd 2
Corlăţeanu V.	Bc 3 – R : M 1
Cotnăreanu I.	Be 1
Creţu D.	Dv 8
Crişan Al.	Bd 5
Diaconu Lucia	Ga 1
Donici Silviu	Be 2
Duma Mario	C 2
Dunsheath P.	Nb 8
Fihman L.	Ga 2 : X : Ga 3
Fränkel D.	C 3,4
Freund P.G.O.	J 2
Gheorghiu I. S.	R : Bb 11
Grigorovici R.	E 2
Hardt M.	F 1
Hertz H.	+Aa 1
Hortopan G.	Aa, 4, Bb 2, Bc 4, C 5
Ionescu Emil	E 4
Ivaşcu V.	Ab 1
Köln W.	X : E 5
Lazaride G.	Nb 11, Nd 1
Lazu C.	R : Ca 3
Leichter Liviu	R : Ae 4
Manea Florin	Bb 3,4,5

Marcus Bruno	Ab 2
Mihăilescu Mariana	Be 2
Miklosi Cornel	Aa 2
Militaru P.	E 7
Mocanu C.	Ae 5
Moraru A.	Bb 6, D 2
Morozov D. P.	Bb 7
Mozes C. H.	Bc 1, Bd 2
Nedelcu V. N.	Bb 8, 9 : R : Bb 11
Neiman L. R.	Aa 9
Netuşil A. V.	X : Ag 1
Nicolae Maria	Ab 2
Nicolaide A.	J 5
Nicolau Edmond	R : J 1
Niţu V. I.	D 3
Papadache I.	Nb 13
Parodi M.	X : J 1
Petrov G. N.	X : Bb 11
Poiată N.	X : M 1
Preda M.	Bd 4, C 6
Polivanov K. M.	X : Ag 1
Popescu C. H.	Be 3
Predoiu A.	C 7
Redacţia	Aa 5, Nb 14, O 1, 2
Richter R.	X : Bb 12
Rosenberg Nathan	E 6, X : E 5
Roth Al.	E 2
Sabatin I.	Bd 5
Sapira Sergiu	J 3
Saviuc V	Bd 5
Schapira W.	E 7
Sebastian L	X : M 1
Sebestyen Ervin	E 4
Semlyén A.	Bc 2, D 4
Şerban Gh.	Bc 3
S I	Nb 16
Sora I.	C 9
Stănciulescu Florea	J 4
Stere Roman	Aa 6
Stoica W.	Bb 7
Tanach Valentin	Ab 1
Tănăsescu Fl.	Be 3
Tenescu Elena	Bc 1
Timotin Al.	Bd 6, R : Af 1, Ag 1
Tugulea A.	R : Af 1, Bb 12
Weisman J.	R : Bb 12

Aparate electrocasnice moderne

- Sobe electrice
- Reşouri
- Cuptoare
- Plite duble
- Plite cu acţiune rapidă
- Incălzitoare de apă
- Diferite modele de fiare de călcat
- Fiare de călcat cu reglarea automată a incălzirii



- Aparate de prăjit pîine
- Ceainice şi fierbătoare de cafea în diferite execuţii
- Grătare
- Aspiratoare
- Maşini de lustruit parchetul
- Ventilatoare de masă
- Sobe electrice pentru incălzit şi radiatoare

TRANSELEKTRO

INTREPRINDERE MAGHIARĂ DE COMERŢ EXTERIOR
PENTRU PRODUSE ELECTRICE

ADRESA: BUDAPESTA 62, CASUŢA POŞTALĂ 377
TELEGRAME : TRANSELEKTRO — BUDAPESTA

TRANSELEKTRO

E R A T Ă

În discuţiile care au apărut în numerile 3 şi 4 din a.c. (pag. 85 şi 109) ale acestei reviste asupra articolelor *„Asupra calculului puterii în curent alternativ cu ajutorul cantităţilor complexe"* şi *„Folosirea operatorilor complecşi la studiul circuitelor electrice polifazate"* s-au strecurat unele greşeli. Dăm mai jos rectificările necesare.

pag.	rîndul	în loc de	se va citi
86	3 şi 5 de jos coloana stîngă	$[\overline{E}\cdot\overline{I}]\ \sqrt{-1}>0$ $[\overline{E}\cdot\overline{I}]\ \sqrt{-1}<0$	$[\overline{E}\cdot\overline{I}]_{\sqrt{-1}}>0$ $[\overline{E}\cdot\overline{I}]_{\sqrt{-1}}<0$
121	16 şi următoarele de jos coloana dreapta	... recomandă o notare diferită V, litere grase etc. C.E.I. la reuniunea din 1954 de la Philadelphia, a propus ca vectorii spaţiali să fie notaţi, prin V, vectorii de timp prin $\overline{V}$ şi, în cazul un vector este şi spaţial şi de timp prin $\overline{V}$.	... recomandă o notare diferită: V, litere grase etc. C.E.J., la reuniunea sa din 1954 de la Philadelphia, a propus ca vectorii spaţiali să fie notaţi prin $\overline{V}$, vectorii de timp prin $\underline{V}$ şi, în cazul cînd un vector este şi spaţial şi de timp, prin $\underline{\overline{V}}$.
122	36 de sus coloana stîngă	care ţine seama de relaţiile lui Euler	care, ţinînd seama de relaţiile lui Euler
122	39 de sus coloana stîngă	$X^2-1=0$	$X^m-1=0$
122	7 de jos coloana stîngă	În cazul cînd $k=2n-1$, ecuaţia (2) are o rădăcină egală cu -1, corespunzînd vectorului principal al sistemului.	În cazul cînd $k=2n+1$ ecuaţia (2) are o rădăcină egală cu -1, corespunzînd vectorului opus vectorului principal al sistemului.

★

La articolul: G. Hortopan: *Observaţi privind calculul şi comanda unui generator de impuls*, Electrotehnica 5 (1957), 1, p. 13–18.

La *pag. 15*, relaţia (1) se va scrie:

$$\eta^p = \frac{\alpha V_c}{\sqrt{\alpha^2-1}}\left[e^{-(\alpha-\sqrt{\alpha^2-1})\ \frac{t}{\theta}} - e^{-(\alpha+\sqrt{\alpha^2-1})} \right]$$

La *pag. 17*, relaţia (3 partea din stînga trebuie scrisă:

$$V_c - \frac{1}{C_1}\int i_1\,dt =$$

La *pag. 17* rîndul 18 de sus trebuie scris:

$$\pounds i_1 \text{ şi } \pounds i_2$$

La *pag. 18* ultima relaţie trebuie scrisă:

$$C_i = \frac{Q}{u} =$$

СОДЕРЖАНИЕ

Десятая годовщина провозглашения Р.Н.Р.
Electrotehnica V (1957) 12, стр. 393

Д.К. 621.314.2.018.3
Corlăţeanu V. и *Şerban Gh.*
Гашение третьей гармоники в трёхфазных трансформаторах.
Electrotehnica V (1957) 12, стр. 395
Излагается теоретическое и экспериментальное исследование возникновения и гашения третьей гармоники в трехфазных трансформаторах. Данны диаграма и формулы для расчета гашения третьей гармоники и составляющей нулевой последовательности. Теоретические выводы проверены опытом на трансформаторах со свободным и с принужденным магнитным потоком, при холостом ходе и симметричной и несимметричной нагрузки

Д.К. 621.372.012.8
Mocanu Ch.
Единая теория еквивадентных схем. посредством топологических преобразований.
Electrotehnica V (1957) 12, стр. 405
Излагается единая теория получения еквивалентных схем посредством последовательных преобразований. Доказаны общие теоремы преобразования для схем с активными и магнитно связаными элементами. Обобщение теорем преобразования позволяет расширить область применения теоремы Тевенена-Нортона применительно к расчету токов короткого замыкания, сложных еквивалентных схем, разрешению задач синтеза электрических цепей и дает новое направление для оценки энергетического режима электросетей.

Д.К. 621.314.222—181.2
Hortopan G.
Трансформаторы большой мощности и высокого напряжения.
Electrotehnica V (1957) 12, стр. 415.
На основе литературных данных рассматриваются основные задачи конструкции мощных трансформаторов. Приводится анализ методов улучшения качества магнитопроводов применением высококачественной листовой стали. Рассмотрены также задачи связаные с выполнением изоляции обмоток в связи с поведением трансформаторов при падении на них, импульсных волн напряжения.

Д.К. 621.313.333.2.016.1 : 621.317.6
Şora I.
Опытное определение механических характеристик асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором.
Electrotehnica V (1957) 12, стр. 424.
Кратко рассмотрены основные методы встречающиеся в литературе, для опытного определения механических характеристик асинхронных двигателей. Приведена новая схема и даны полученые экспериментальные результаты

ЗАМЕТКИ

Д.К. 621.314.2.015.3
Nicolaide A.
Методы исследования переходных процессов в трансформаторах.
Electrotehnica V (1957) 12, стр. 428.

РЕФЕРАТЫ, стр. 430.
РЕЦЕНЗИЙ, стр. 433.
СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ, стр. 435

INHALTSVERZEICHNIS

lo Jahre Rumänische Volksrepublik
Electrotehnica, V (1957) H. 12, S. 393

DK 621.314.2.018.3
Corlăţeanu V. und Şerban Gh.:
Die Dämpfung der 3. Harmonischen bei Drehstromtransformatoren
Electrotehnica, V (1957) H. 12, S. 395
Der Aufsatz enthält ein theoretisches und experimentelles Studium, welches ein fast komplettes Bild über die Entstehung und Dämpfung der 3. Harmonischen bei Drehstromtransformatoren gibt. Es wird ein Diagramm gezeigt und es werden Formel abgeleitet zur Dämpfung der 3. Harmonischen und der einpoligen Komponente. Durch Versuche werden dann die theoretischen Schlussfolgerungen bestätigt und neue Feststellungen gemacht bzgl. der Transformatoren mit erzwungenen und mit freien Flüssen, bei Leerlauf und bei symmetrischer oder unsymmetrischer Belastung.

DK 621.372.012.8
Mocanu C.:
Eine einheitliche Theorie der Ersatzschemata durch topologische Transformierungen
Electrotehnica, V(1957) H. 12, S. 405
Es wird eine einheitliche Theorie festgestellt für die äquivalenten Schemata durch sukzessive Transformierungen und zu diesem Zwecke die allgemeinen Transformierungssätze für die elektrischen Netze mit aktiven oder gekuppelten Elementen bewiesen. Die Verallgemeinerung der Transformierungssätze ermöglichen die Lösung des Thévenin-Nortonsatzes mit Anwendungen auf die Berechnung der Kurzschlussströme im äquivalenten Schema und in Aufgaben der Synthese sowie eine neue Orientierung bei der Beurteilung der energetischen Betriebsart von elektrischen Netzen.

DK 621.314.222.—181.2
Hortopan Gh.:
Transformatoren grosser Leistungen und hoher Spannungen
Electrotehnica, V (1957) H. 12, S. 415
Auf Grund der Literaturangaben werden in der Form eines Studiums die spezifischen Probleme bzgl. Bau von grossen Transformatoren dargestellt. Dabei werden untersucht: der magnetische Kern hinsichtlich der Verwendung von verbesserten Blechsorten und der Erhaltung eines magnetischen Kreises ohne Harmonische sowie die Isolation der Wicklungen bzgl. Verhalten des Transformators bei Stosswellen der Spannungen.

DK 621.313.333.2.016.1 :621.317.6
Şora I.:
Die experimentelle Bestimmung der Drehmomenteharakteristik bei Asynchronmotoren mit Kurzschlussläufern
Electrotehnica, V (1957) H. 12, S. 424
Der Aufsatz beschreibt kurz die wichtigsten Versuchsmethoden, die in der Literatur anzutreffen waren. Ferner wird ein Schema besprochen, worauf einige Versuchsergebnisse folgen.

NOTEN
DK 621.314.2.015.3
Nicolaide A.:
Methode zum Studium von Übergangsvorgängen bei Transformatoren
Electrotehnica, V (1957) H. 12, S. 428

REFERATE, S. 430
BÜCHER, S. 433
SYSTHEMATISCHES VERZEICHNIS, S. 435

SOMMAIRE

Le dixième anniversaire de la proclamation de la République Populaire Roumaine
Electrotehnica, V (1957) no. 12, p. 393

CD 621.314.2.018.33
Corlăţeanu V. et Şerban Gh. :
L'amortissement de la troisième harmonique dans les transformateurs triphasés
Electrotehnica, V (1957) no. 12, p. 395
On présente une étude théorique et expérimentale fournissant une image satisfaisante sur l'apparition et l'amortissement de l'harmonique de 3-ième ordre dans les transformateurs triphasés. On donne un diagramme et on établit des formules de calcul pour l'amortissement de la 3-ième harmonique et de la composante homopolaire. Les conclusions théoriques ont été verifiées expérimentalement, avec des nouvelles constatations sur les transformateurs aux flux forcés et aux flux libres, fonctionnant à vide et en charge symétrique ou asymétrique.

CD 621.372.012.8
Mocanu C. :
Une théorie unitaire des schémas équivalents par transformations topologiques
Electrotehnica, V (1957) no. 12, p. 405
On établit une théorie unitaire des schémas équivalents obtenus par transformations successives, en démontrant à cette fin les théorèmes généraux sur les transfigurations, pour les structures électriques à éléments actifs et couplés. La généralisation des théorèmes de transfiguration conduit à la solution des théorèmes Norton-Thévenin, avec des applications au calcul des courants de court-circuit, aux schémas équivalents, aux problèmes de synthèse et à l'établissement du régime énergétique des réseaux électriques.

CD 621.314.222—181.2
Hortopan Gh. :
Les transformateurs de grande puissance à haute tension
Electrotehnica, V (1957) no. 12, p. 415
On présente une étude, fondée sur les données puisées dans la littérature, sur les problèmes spécifiques posés par la construction des grands transformateurs. On étudie ainsi le noyau magnétique relativement à l'utilisation des tôles d'une qualité ameliorée et à la réalisation d'un circuit magnétique dépourvu d'harmoniques et l'isolement des enroulements — par rapport au comportement du transformateur à l'onde de tension de choc.

CD 621.313.333.2.016.1 :621.317.6
Şora I. :
Relèvement expérimental de la caractéristique du couple des moteurs asynchrones avec rotor en court-circuit
Electrotehnica, V (1957) no. 12, p. 424
L'article expose succintement les principales méthodes expérimentales présentées dans la littérature. On décrit un montage et on présente les résultats expérimentaux.

NOTES
CD 621.314.2.015.3
Nicolaide A. :
Méthodes pour l'étude des phénomènes transitoires dans les transformateurs
Electrotehnica, V (1957) no. 12, p. 428

DOCUMENTATION, p. 430
COMPTES-RENDUS, p. 433
INDEX SYSTEMATIQUE, p. 435

CONTENTS

A decennary since the proclamation of the Rumanian People's Republic
Electrotehnica, V (1957) no. 12, p. 393

DC 621.314.2.018.3
Corlăţeanu V and Şerban Gh. :
The damping of third order harmonics at three-phase transformers
Electrotehnica, V (1957) no. 12, p. 395
A theoretical and experimental investigation is presented which gives a nearly complete image on the appearance and damping of the third order harmonics at three-phase transformers. A diagram is given and computing formulae are developed for damping the third order harmonic and homopolar component. The theoretical conclusions are experimentally verified and a great number of new ascertainments are made at transformers with forced fluxes and free fluxes, at idle running and symmetric and unsymmetric load.

DC 621.372.012.8
Mocanu C. :
A unitary theory of equivalent schemes by topological transfigurations
Electrotehnica, V (1957) no. 12, p. 405
A unitary theory of equivalent schemes by successive transformations is established, demonstrating for this purpose the general transfiguration theorems for electrical structures with active and coupled elements. The generalization of transfiguration theorems allows to solve the Thévenin-Norton's theorem, with applications in computing short-circuit currents, equivalent schemes, synthesis problems and enables a new orientation in estimating the energetic régime of electrical networks.

DC 621.314.222—181.2
Hortopan Gh :
Large power and high-voltage transformers
Electrotehnica, V (1957) no. 12, p. 415
Based on technical literature data, the specific problems pertaining to the large transformer construction are exposed in the form of a study. Thus, the magnetic core as regards utilization of improved quality metal plates and obtaining a magnetizing circuit without harmonics, as well as the insulation of windings concerning the behaviour of the transformer towards voltage impulse wave, are analyzed.

DC 621.313.333.2.016.1 :621.317.6
Şora I. :
The experimental determination of couple characteristic at asynchrone motors with rotor in short-circuit
Electrotehnica, V (1957) no. 12, p. 424
In this paper the main experimental methods encountered in the technical literature are briefly presented. Furthermore, a scheme is discussed and some experimental results are given.

NOTES
DC 621.315.2.015.3
Nicolaide A. :
Methods for studying transient phenomena at transformers
Electrotehnica, V (1957) no. 12, p. 428

ABSTRACTS, p. 430
BOOK REVIEWS, p. 433
SYSTHEMATIC INDEX, p. 435

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1883

Ingineri și tehnicieni,

ABONAȚI-VĂ *din timp pe anul 1958 la revistele tehnice de specialitate elaborate de Asociația Științifică a Inginerilor și Tehnicienilor, care aduc la cunoștința cadrelor tehnice din producție, învățămînt, cercetare și proiectare, ultimele realizări obținute în științele tehnice din țară și străinătate.*

Apar lunar:

Automatica și electronica
Celuloză și Hîrtie
Electrotehnica
Energetica
Hidrotehnica
Industria Construcțiilor și a Materialelor de Construcții
Industria Lemnului
Industria Textilă
Industria Ușoară
Petrol și Gaze
Revista de Chimie
Revista Minelor
Revista Pădurilor
Revista Transporturilor
Telecomunicații

Un abonament anual pentru ingineri și tehnicieni lei 30; pentru biblioteci, instituții, cabinete tehnice etc. lei 96, prin cont virament Nr. 071012 DOC B.R.P.R.

Abonamentele se primesc la sediul Consiliului Central A.S.I.T. din București — Calea Victoriei 118, Telefon 4.06.24

E 2040

ASIT — MIG

ASOCIAŢIA ŞTIINŢIFICĂ A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ŞI
MINISTERUL INDUSTRIEI GRELE

INDICE SISTEMATIC ŞI DE AUTORI AL REVISTEI

ELECTROTEHNICA

I — V

1953 — 1957

CUPRINS

I. INDICE SISTEMATIC

Pagina

A. — **Generalităţi.**
Aa. — Biografii — Istoric — Învăţămînt — Cercetări ştiinţifice — Vocabular 3
Ab. — Tehnologia materialelor 3
Ac. — Tehnoclimatologie . . . .
Ad. — Dispozitive şi procedee utilizate în Proiectare şi Fabricare 3
Ae. — Ştiinţe de bază : Matematica, Fizică, Chimie, etc 4
Af. — Electrofizică. (Electricitate şi Magnetism) 4
Ag. — Electrotehnică teoretică 4

B. — **Producerea şi distribuţia electricităţii.**
Ba. — Centrale electrice 5
Bb. — Maşini electrice 5
Bc. — Transformarea energiei electrice 6
Bd. — Transportul energiei electrice 7
Be. — Distribuţia energiei electrice inclusiv Aparataj 8

C. — **Tehnica măsurării şi încercărilor electrice** 8

D. — **Aplicaţii tehnice ale magnetismului şi ale electrostaticii.**
Da. — Aplicaţii tehnice ale magnetismului, inclusiv materiale şi semifabricate . . . 9
Db. — Aplicaţii tehnice ale Electrostaticii 10

E. — **Iluminatul electric** 10

F. — **Traeţiunea electrică (pe cale ferată şi pe şosele).** 11

G. — **Tehnica electrochimică** . . . .

Ga. — Producerea şi acumularea electricităţii pe cale chimică. Baterii — Acumulatoare 11
Gb. — Galvanotehnica. Electrochimie tehnică etc. 11

H. — **Electrocăldura. Termoelectrotehnica**

Ha. — Procedee şi Aparate pentru obţinerea căldurii pe cale electrică 11
Hb. — Sudura şi Tăierea electrică a metalelor 12

I. — **Electronica, aparate electrobiologice şi electromedicale, tehnica Röntgenografică** . 12

J. — **Tehnica oscilaţiilor electrice** 12

K. — **Telecomunicaţii.**

Ka. — Cibernetica generală — Teoria informaţiei 13
Kb. — Telefonie. Telegrafie. 13
Kc. — Radiocomunicaţii şi Televiziune 14
Kd. — Telecomandă. Telemăsurare 15
Ke. — Electroacustică 15

L. — **Tehnica nucleară : obţinerea şi utilizarea energiei nucleare şi a materialelor radioactive** 15

M. — **Aplicaţii diverse ale electricităţii** 15

N. — **Accidente şi avarii — Norme, prescripţii — Congrese, expoziţii — Brevete.**
Na. — Accidente şi Avarii. Protecţie 16
Nb. — Expoziţii, Tîrguri de Mostre, Congrese, Rapoarte 16
Nc. — Brevete şi Inovaţii 17
Nd. — Prescripţii şi Norme 17

O. — **Redacţionale** 18

II. **INDICE DE NUME** 19

INDEX SISTEMATIC

A. GENERALITĂȚI

Aa. Biografii — Istorie — Învățămînt — Cercetări științifice Vocabular

CZ 621.3 :92

Aa — *Antoniu I. S.* (Prof. Dr. Ing) : A 70-a aniversare a acad. prof. C. I. Budeanu. **4** (1956) nr. 6 p 287

CZ 621.3 : 92

Aa 2 — *Avramescu A.* (Dr. Ing.) : 100 ani de la nașterea lui H. Hertz. **5** (1957) nr. 3. p. 97

CZ 621.3 : 92

Aa 3 — *Avramescu A.* (Dr. Ing.) : Acad. Corneliu Mikloși a împlinit 70 de ani. **5** (1957) nr. 4 p. 130, portr

CZ 621.3 :92

Aa 4 — *Lazu C.* (Ing.) : Acad. prof. I. S. Gheorghiu la 70 ani. **4** (1956) nr. 6 p. 287—288

CZ 621.3 : 92

Aa 6 — *Nachman M.* : Albert Einstein (1879—1955), **3** (1955) nr. 8 p. 307

CZ 621.3 : 92

Ad 7 — [*Red.*] : Alegerea de noi membri ai Acad. R.P.R. **3** (1955) nr. 8 p. 306

CZ 621.3 : 92

Aa 8 — [. . .] : Prof. dr. ing. Cezar Parteni — Antoni. [Necrolog]. **4** (1956) nr. 12 p. 572, portr

CZ 621.3 : 37

Aa 9 — *Avramescu A.* (Dr. Ing.) : Cursuri de știință și tehnică organizate de Casa oamenilor de știință de pe lîngă Acad. R.P.R. **5** (1957) nr. 4. p. 131—132

CZ 621.3 : 001.891

Aa 10 — *Hortopan Gh.* (Ing.) : Institutul electrotehnic unional. **5** (1957) nr. 11 p. 387

CZ 621 :3 : 37

Aa 11 — *Zeiger S.* (Prof Ing) : Pentru continua ridicare de cadre tinere, specializate, în industria electrotehnică. **1** (1953) nr. 8 p. 5—8

CZ 373.7 : 537

Aa 12 — [. . . .] : Asupra învățămîntului elementar al electricității. Trad. din l. franc. **3** (1955) nr. 10 p. 462—463

CZ 621.3 : 061.6

Aa 13 — *Stere Roman* (Ing. Dir. ICPET.) : Rolul Institutului de cercetări și proiectări electrotehnice în introducerea tehnicii noi în industria electrotehnică și energetică. **5** (1957) nr. 8 p 234—237

CZ 621.3.001.5 (R)

Aa 14 — [*Red.*] : Problemele științifice ale electrotehnicii romînești. **5** (1957) nr. 1. p. 2—4

CZ 62 :3.001.5

Aa 15 — [. . .] : Activitatea Inst. de Studii romîno-soviet. al Acad. R.P.R. în sprijinul electrotehnicii din țara noastră. **1** (1953) nr. 11 p. 46—47

CZ 621.3.01.001.11

Aa 16 — [*Acad. de St. U.R.S.S., Comit. de Terminologie tehnică*] : Terminologia electrotehnicii teoretice. (Cuvint introductiv și text.) **5** (1957) nr. 11 p. 358—364

CZ 621.3.01.001.11

Aa 17 — *Grusevschi B. V, Voronov R. A, Jerebtov J, Cerniavski F.* și *Kiazim-Zade Z.* : Terminologia electrotehnicii teoretice. Discuții. (Trad). **2** (1954) nr. 3 p. 110—113

— Neiman L. R. și Colab. **3** (1955) nr. 6 p. 251—254 :

— Mahalnischi S. nr. 11 p. 512—517 :

— Berladschi M. nr. 12 p. 569—570

621.38=413=00

Aa 18 — *Ivănescu A.* (Ing.) : Vocabularul electrotehnic internațional. Ed. 2-a. **4** (1956) nr. 8 p. 38

CZ 621.3.01.001.11

Ad 19 — *Lavrov V. M.* : Terminologia electrotehnicii teoretice Trad. **1** (1953) nr. 3/4 p. 9—13, 7 fig

CZ 621.301.001.11

Aa 20 — *Neiman L. R.* : Terminologia electrotehnicii teoretice. (Trad). **5** (1957) nr. 11 p 358

CZ 621.3.01.001.11

Aa 21 — [*Red.*] : Terminologia electrotehnică în U.R.S.S. **5** (1957) nr. 11 p. 358

CZ 621.3.01.001.11

Aa 22 — *Sukacev A. P, Riazanov G, Gurevici L. Ghenerozov M* : Terminologia electrotehnicii teoretice. (Trad). **3** (1955) nr. 1 p. 29—37

CZ 621.3.01.001.11

Aa 23 — [. . .] : Proiectul terminologiei electrotehnicii teoretice alcătuit de către Comisia Comit. de terminologie tehnică a Acad. de St. a U.R.S.S. **1** (1953) nr. 3/4 p. 13—23

Ab. Tehnologia materialelor

CZ 621.318.322

Ab 1 — *Ivașcu V.* (Ing.) și *Tanach Valentin.* (Ing. ICPET) : Materiale magnetice moi pe bază de ferite. **5** (1957) nr 9 p. 290—299, 7 fig, 4 tab, bibliogr. 13 referințe

CZ 621.315 .612.2

Ab 2 — *Nicolae Maria* (Ing.) și *Marcus Bruno* (Ing. ICPET) : Porțelan electrotehnic cu materii prime din țară. **5** (1957) nr. 9 p. 281.—283, 5 diagr. Bibliog 30 referințe

CZ 621.315—614

Ab 3 — [. . .] ; Referate : Materiale electrotehnice. **4** (1956) nr. 6 p. 281 ; nr. 7 p. 334 ; nr. 9 p. 433 ; nr. 10 p. 474 ; **5** (1957) nr. 2. p. 61 ; nr. 4 p. 126 ; nr. 5 p. 162 ; nr. 6 p. 190 ; nr 8 p. 265 ; nr. 9 p. 305

Ad. Dispozitive și Procedee utilizate la Proiectare și Fabricare

CZ 621.3.004.6

Ad. 1 — *Buse V. D* . : Matrița combinată pentru ștanțarea șaibei buton de la întrerupătorul rotativ. **3** (1955) nr. 4. p. 160—161, 4 fig.

CZ 621.315.5/6, 003.1 : 621.316.3/9

Ad. 2 — *Cosmin Gh.* (Ing.) : Economia de material în construcţia aparatelor electrice : 3(1955) nr. 10 p. 423 — 429, 14 fig. 12 ref,

CZ 621.3.002

Ad 3 — *Manole O.* (Ing.) : Asupra unei clase de maşini de echilibrat dinamic. 1 (1953) nr. 1/2 p. 9—19, 25 fig

CZ 621.3.001.1

Ad 4 — *Niculescu D.* (Ing.) : Industria electrotechnică din ţara noastră aplică cu succes marele ajutor tehnic dat de U.R.S.S. 2 (1954) nr. 5/6 p. 159—162.

CZ 621.3.002 : 621—314

Ad 4 — *Smigelschi G.* (Ing.) : Tehnologia tratării izolaţiei la transformatorii electrici (autoclave realizate în R.P.R.). 2 (1954) nr. 3 p. 85—91,9 fig, bibliogr, 6. referinţe

CZ 621.312.012 : 382

Ad 5 — *Szende A.* (Ing.) : Caracteristicile produselor electrotehnice destinate exportului. 4 (1956) nr. 1 p. 45—47, 1 fig., 1 tab

CZ 621.3.004.6

Ad 6 — *Tănase E.* : Dispozitiv pentru debavurarea pieselor rotunde de bachelită. 3 (1955) nr. 1. 44, 1 fig.

CZ 621.3 : 004.6

Ad 7 — *Weisman I.* (Ing.) : Metoda „Soboliev" şi aplicarea ei în ţările de democraţie populară la proiectarea aparatajului electric] 3 (1955) nr. 5 p. 210—212, 3 fig.

CZ 621.3.004.6

Ad 8 — [. . .] : Centrarea arborilor cu ajutorul sublerului. 2 (1954) nr 5/6 p. 226—227, 3 fig

Ae 1 — Ştiinţe de bază : Matematică, Fizică, Chimie.

CZ 621.372 : 517.43

Ae 2 — *Antoniu I. S.* (Prof. Dr. Ing) : Calculul operatorilor şi aplicaţiile lor în electrotehnică. 2 (1954) nr. 5/6 p. 163—171, 4 fig. bibliogr. 8 referinţe — Observ. Andronescu Pl. (Prof. Dr. Ing.) : 4 (1956) nr. 2 p. 90 şi replica autor. p. 91—93

CZ 621.372.517.433

Ae 3 — *Antoniu I. S.* (Prof. Dr. Ing.) : Operatorul de reprezentare al sistemelor polifazate simetrice. 3 (1955) nr. 8 p. 364—370 cf : Observ. Andronescu Pl. (Prof. Dr. Ing.) : 5 (1957) nr. 4 p 119—121, 5 fig şi replică autor p. 121 — 122, bibliogr. 21 referinţe

CZ 538.551.4 : 511.24

Ae 4 — *Antoniu I. S.* (Prof. Dr. Ing.) : Asupra calculului puterii în curent alternativ cu ajutorul cantităţilor complexe. 3 (1955) nr. 6 p. 34—40 — cf : Observ Andronescu Pl. (Prof. Dr. Ing.) : 5 (1957) nr. 3 p. 85, 2 fig şi replica autor. p. 85—88 şi Erata nr. 5 p. 164

CZ 621. 372 : 517.433

Ae 5 — *Doetsch G.* : Îndrumător pentru aplicarea practică a transformării Laplace. München 1956 : 198 p (8°) R. Oldenbourg [Rec : Leichter Liviu nr. 5 (1957) 3 p. 97].

CZ 621.3 : 51

Ae 6 — *Haqué W.* (Ing.) : O riglă de calcul pentru consumuri specifice. 1 (1953) nr. 12 p. 30—33, 7 fig.

CZ 551.594

Ae 7 — *Herovanu M.* : Electricitatea atmosferică. Buc. 1956 : 1 vol. (48°) fig. Edit. tehnica [Rec : Nicolau Edm. (Prof. Ing.) : 4 (1956) nr. 9 p. 435]

CZ 536.2.

Ae 8 — Referate : Fizică. 5 (1957) nr. 3 p. 89 ; nr. 2 p. 431

Af. Electrofizică. (Electricitate şi Magnetism).

CZ 537.1 : 621.2

Af 1 — *Bainglass S.* (Dr) : Modelarea electrică a fenomenelor fizice. 1 (1953) nr. 10 p. 27—37, 12 fig, 3 tab

Af 1 bis—*Bădăreu E.* : Fizica descărcărilor în gaze. Buc. 1957 : 301p. (8°) fig. [Rec. : Avramescu A 5 (1957) nr. 12, p. 433—434],

CZ 530.145.65 : 233

Af. 2 — *Bron O. B.* (Prof. Leningrad) : Cimpul ca formă a materiei. Trad. din l. rusa. 3 (1955) nr. 5 p. 166—170

CZ 537.621.3

Af 3 — *Calaşnicov S. G.* : Electricitatea. Moscova 1956 : 664 p. (8°) 552 fig. [Rec : Timotin Al. (Ing.) şi Ţugulea A. (Ing.) 5 (1957) nr. 9 p. 307—308]

CZ 621.3 : 537.213

Af 4 — *Constantinescu I* (Prof. Ing.) : Preciziuni cu privire la vectorul lui Umov-Poynting. 1 (1953) nr. 3/4 p 55—58, 4 fig.
— Cf. Replică de Tănăsescu T. p. 58—59

CZ 621.315.615 : 537.311.35

Af 5 — *Fihman L.* (Ing.) : Unele aspecte ale conductibilităţii electrice a dielectricilor lichizi. 4 (1956) nr. 11 p. 489—495, 4 fig. 6 tab

CZ 537.621.3

Af 6 — *Grosu St.* (Ing) : Schimburi de energie între sarcinile electrice în mişcare. 2 (1950) nr. 2 p. 78—79, 1 fig

CZ 621.396.11.029.62

Af 7 — *Ionescu G.* (Ing) : Studiul comparativ al metodelor de calcul al cimpului electromagnetic în unde metrice, cu aplicaţie la 100 MHz. 4 (1956) nr. 12 p. 551—563, 28 diagr, bibliogr, 24 referinţe

CZ 537.1 : 621.3

Af. 8. — *Marc D.* (Ing.) : Modele pentru studiul fenomenelor electrice, 1 (1953) nr 8. p 25—31, 11 fig

CZ 537.1 ; 621,3

Af 9 — *Novacu V.* : Introducere în electrodinamică. I—II Buc. 1955 : 2 vol. (8°) Acad. R.P.R. [Rec : Nicolau Edm. 4 (1956) nr. 12 p. 578]

CZ 621.3 : 537.213

Af 10 — *Semlyen A.* (Ing.) : Determinarea parametrilor familiilor de curbe ortogonale pentru determinarea liniilor echipotenţiale şi a liniilor de forţă la un cîmp plan-paralel. 3 (1955) nr. 4 p. 117—120, 4 fig

CZ 538.312.624.87

Af 11 — [*Tănăsescu T.*] : Transferul energiei electromagnetice. 3 (1955) nr. 11 p. 518—519, 2 fig. şi 4 (1956) nr. 5 p. 234

CZ 537 : 621.3

Af 12 — Referate : Electricitate. 4 (1956) nr. 12 p. 564

Ag. Electrotehnică teoretică

CZ 538.3 : 62

Ag 1 — *Carter G. W.* : The electromagnetic field in its engineering aspects. London 1954 : 1 vol. (8°) [Rec : Leibovici I. (Ing.) 4 (1956) nr. 10 p. 483]

CZ 621.3

Ag 2 — *Crug C. A.* şi *Colab.* : Bazele electrotehnicii. Moscova 1952 : 1 vol, (8°) [Rec : Bedighian L. 1 (1953) nr. 3/4 p. 66—68]

CZ 621.3.09

Ag 3 — *Dimo Paul* (Ing.) : Calculul reţelelor electrice pe modele : posibilităţile meselor de calcul de curent continuu. 1 (1953) nr. 5 p. 20—26, 8 grafice.

CZ 621.3 : 62.007.2

Ag 4 — *Fouillé A.* : Electrotehnica pentru ingineri. Vol. III. Paris 1956 : 1 vol. (8°) Dunod [Rec : Nicolau Edm. 4 (1956) nr. 4 p. 196]

CZ 621.316.11

Ag 5 — *Mocanu C.* (Ing.) : O teorie unitară a schemelor echivalente pentru transfigurări topologice. 5 (1957) nr. 12. p. 405—424. 17 fig. bibliogr. 20 referinţe

CZ 621.3

Ag. 6 — *Moisil G.* (Ing.) : Cîteva consideraţiuni asupra legii lui Ohm. 3 (1955) nr. 1 p. 27—28

CZ 538.122 : 621.3

Ag. 7 — *Netuşil A. V.* şi *Polivanov K. M.* : Bazele electrotehnicii. III : Teoria cimpului electromagnetic. Moscova 1956 : 190 p. (8⁰) [Rec : Timotin Al. (Ing.) **5** (1957) nr. 5 p. 163—164]

CZ 621.3

Ag 8. — *Novacu Valeriu.* (Prof.) : Introducere în electrotehnică. Vol. I-II. Buc. 1956 : 876 p. (8⁰) Acad. R.P.R.
[Rec : Nicolau Edm. (Prof.) **4** (1956) nr. 12 p. 578]

CZ 621.316.1

Ag 9 — *Popov M. V.* (Ing.) : Rezolvarea simplă a reţelelor electrice printr-o nouă metodă (a determinantului). **1** (1953) nr. 7 p. 3—11, 10 fig.

CZ 621.316.1

Ag 10 — *Popov M. V.* : Aplicarea principiului dualităţii la metoda de rezolvare a reţelelor electrice prin descompunerea în reţele elementare. **1** (1953) nr. 12 p. 5—10, 2 fig, 4 tab

CZ 621.316.1

Ag 11 — *Popov M. V.* (Ing.) : Teorema simetriei (Bartlett) în rezolvarea reţelelor electrice). **3** (1955) nr. 4 p. 156—159, 12 fig

CZ 626.372 :512,831

Ag 12 — *Preda M.* (Ing. Craiova) : Consideraţii asupra aplicării calculului matricial în studiul reţelelor electrice **5** (1957) nr. 5 p. 134—138, 2 fig

CZ 538.552.9 : 661.3.012.8

Ag 13. — *Preda M.* (Ing. Craiova) : Formele generale ale reţelelor utilizate în metoda componentelor simetrice, la studiul reţelelor trifazate. **5** (1957) nr. 6 p. 170—179, 11 fig. 1 tab, bibliogr. 8 referinţe

CZ 621.3

Ag 14 — *Tănăsescu T.* (Prof. Dr. Ing.) : Aspectul fizic al puterii reactive. **1** (1953) nr. 10 p. 4—10, 18 fig

CZ 621.315.316.9353 : .025.1621

Ag. 15 — *Timotin A.* (Ing.) : O schemă echivalentă pentru reţeaua trifazată cu bobină de stingere. **5** (1957) nr. 7 p. 224—226, 5 fig

CZ 621.3

Ag 16 — Referate :Electrotehnica teoretică. **4** (1956) nr. 8 p. 382 ; nr. 9 p. 435 ; nr. 10 p. 468 ; nr 11 p. 522 ; **5** (1957) nr. 5 p. 157 ; nr. 9 p. 304, nr. 12 p 430

B. PRODUCEREA ŞI DISTRIBUŢIA ELECTRICITĂŢII

Ba : Centrale electrice

CZ 621.311

Ba 1 — Referate : Centrale electrice. **4** (1956) nr 10 p. 468 ; nr. 11 p. 522

CZ 621.311

Ba 2 — Referate : Reţele electrice. **4** (1956) nr. 10 p. 468 ; nr. 12 p. 528

Bb : Maşini electrice

CZ 621.313.333

Bb 1 — *Aslan H.* (Ing.) şi *Berberianu A.* (Ing.) : Influenţa calităţii reparaţiilor asupra factorului de putere şi a randamentului la motoarele asincrone. **3** (1955) nr. 1 p. 41—43

CZ 621.313.322.029.45

Bb 2 — *Aslan H.* (Ing.) şi *Berberianu A.* (Ing.) : Consideraţii tehnice şi practice în construcţia unui generator rotativ de frecvenţă ridicată. **3** (1955) nr. 11 p 473—477, 8 fig

CZ 621.322.011.3

Bb 3 — *Bălă C.* (Ing.) : Determinarea experimentală a reactanţei homopolară a maşinii sincrone trifazate. **4** (1956) nr. 1 p. 15—19. 4 fig, 2 tab

CZ 621.313.1

Bb 4 — *Bălănescu. E* : Dispozitiv pentru executarea bobinajului echipotenţial la subansamblul rotor al generatorului de 1200 A. **2** (1954) nr. 5/6 p.225, 2 fig

CZ 621.313.333 : 621.316.925.43

Bb 5 — *Boţan N. V.* (Ing.), *Grisaru E.* (Ing.) şi *Gutman S* (Ing.) : Protecţia motorului asincron trifazat contra funcţionării pe două faze. **3** (1955) nr. 12 p. 536—. —540, 3 fig

CZ 621.313.289

Bb 6 — *Bunea V.* (Ing.) : Maşini electrice cu întrefier neuniform. **1** (1953) nr. 5 p. 5—20, 26 fig.

CZ 621.313.289

Bb 7 — *Bunea V.* (Ing.) Maşini electrice cu rotor conic. I—II. **2** (1954) nr. 5/6 p. 172—180, 11 fig, bibliogr 10 referinţe şi **3** (1955) nr. 2/3 p. 60—72, 20 fig, bibliogr, 12 referinţe

CZ 621.313.017.71

Bb 8 — *Bunea V.* : Consideraţii asupra unor maşini electrice dimensionate la limita de încălzire. **4** (1956) nr. 2 p. 61—64 — cf. Observaţiuni : Bogdănescu Gh. (Ing.) **5** (1957) nr. 1 p. 28—29 şi replica autorului p. 29—30

CZ 621.313

Bb 9 — *Burschi S. Z.* : Magnetizarea longitudinală şi transversală şi manifestarea ei în maşinile electrice. Trad. din l. rusă, **1** (1953) nr. 1/3 p. 2—8, 9 fig.

CZ 621.313.3331.015.2

Bb 10 — *Cîrstea D.* (Ing.) : Funcţionarea motorului asincron trifazat cu inele în regim de alimentare asimetric. **4** (1956) nr. 4 p. 149—156, 10 fig

CZ 621.313.32

Bb 11 — *Centea O.* (Ing.) şi *Novac I.* (Ing.) : Determinarea pe cale experimentală a reactanţei sincrone transversale a unei maşini sincrone. **3** (1955) nr. 4 p. 120—124, 9 fig

CZ 621.313.8

Bb 12 — *Climov V.* (Ing.) : Dispozitiv pentru montarea şi demontarea rotorilor la maşini electrice. **3** (1955) nr. 1 p. 43—44, 1 fig

CZ 621.313.33

Bb 13 — *Columbeanu P.* (Ing.) : Recalcularea motoarelor electrice de curent alternativ cu rotorul în scurt circuit. **1** (1953) nr. 1/2 p. 25—28, 8 tab

CZ 621.313.289

Bb 14 — *Denuell* : Generatoare cu tensiune constantă prin auto-compundare. Trad. **2** (1954) nr. 3 p. 115, 4 fig

CZ 621.3.07.2

Bb 15 — *Eigeles S.* (Ing.) : Procedee moderne pentru reglarea turaţiei la motoarele electrice. **1** (1953) nr. 11 p. 7—16, 15 fig

CZ 621.313.333 : 58

Bb 16 — *Eigeles S.* (Ing.) : Procedee moderne de reglarea turaţiei motoarelor asincrone trifazate. **3** (1955) nr. 5 p. 176—185,20 fig, bibliogr 10 referinţe

CZ 621.313.3—08

Bb 17 — *Fransua Al.* (Ing.) : Regimuri de funcţionare ale generatoarelor sincrone. **1** (1953) nr. 8 p. 32—34

CZ 621.313.2

Bb 18 — *Herscovici B.* (Ing.) : Calculul vitezei de excitaţie a excitatricelor. **1** (1953) nr. 3/4 p. 23—28, 5 fig, 3 tab

CZ 621.319.53

Bb 19 — *Hortopan Gh.* (Ing.) : Observaţii privind calculul şi comanda unui generator de impuls. **5** (1957) nr. 1 13—18, 9 fig bibliogr, 13 referinţe

CZ 621.313.332

Bb 20 — *Kovacs P. A.* : Pornirea bruscă a motoarelor asincrone. Trad. S[emlyen] A. **2** (1954) nr. 3 p. 116 — —117, 5 fig

CZ 621.313.04

Bb 21 — *Lăzăroiu F. D.* (Ing.): Fabricarea colectoarelor maşinilor de curent continuu (în U.R.S.S.) **1** (1953) nr. 1/2 p 47—55, 9 fig. 10 tab

CZ 621.313.2—09

Bb 22 — *Manciu T.* (Ing.): Inele amortizoare prin curenţi Foucault la motoarele de curent continuu. **1** (1953) nr. 1/2 p. 28—32, 2 fig

CZ 621.313.32: 517.433

Bb 23 — *Manea Florin* (Ing.): Ecuaţiile operaţionale în coordonatele vectorilor reprezentativi rezultanţi ale maşini sincrone. **5** (1957) nr. 7 p. 210—217 2 fig. 1 tab. bibliogr. 25 referinţe

CZ 621.313.32:517.43

Bb 24 *Manea Florin* (Ing.): Ecuaţiile operaţionale generale ale maşinii asincrone. **5** (1957) nr. 2 p. 43—48, 2 scheme. bibliogr. 9 referinţe

CZ 621.313.33.015.3

Bb 25 — *Manea Florin* (Ing. Buc.): Regimuri electromagnetice tranzitorii simetrice ale maşinii asincrone **5** (1957) nr. 6 p. 179—183, bibliogr. 8 referinţe

CZ 621.313.39

Bb 26 — *Marinescu Matei* (Prof. Dr. Ing.): Cercetări în domeniul maşinilor electrice cu inductanţă variabilă **1** (1953) nr. 9 p. 16—20, 4 fig

CZ 621.313.04

Bb 27 — *Mehedinţi D.* (Ing.): Perii de cărbune pentru maşini electrice (Cu 3 nomograme). **2** (1954) nr. 5/6 p. 181—193, 6 fig, 5 tab bibliogr 20 referinţe Erata **3** (1955) nr. 2/3 anexă 2 tab

CZ 621.316.7.077.2: 621.3.043.3

Bb 28 — *Moraru A.* (Ing. Buc.): Rezistenţa rotorului în formă de pahar. **5** (1957) nr. 5 p 153—156, 3 fig. bibliogr. 6 referinţe

CZ 621.313,222,012: 621.3.045.31

Bb 29 — *Morozov D. P.* şi *Stoica V. I.* (Moscova Inst. Energetic): Caracteristicile electromecanice ale motorului serie de curent continuu cu înfăşurare de excitaţie conectată în punte Graetz. **5** (1957) nr. 3 p. 69—76, 8 fig, 3 tab

CZ 621.313, 322—81: 621.315.611 (498)

Bb 30 — *Nanu A.* (Ing.): Consideraţii critice asupra izolaţiei statorului la primii turbogeneratori fabricaţi în ţară. **4** (1956) nr. 3 p. 116—124,9 fig

CZ 621.315.1.05: 621.317.727

Bb 31 — *Nedelcu V. N.* (Ing.): Sistemele de unităţi relative folosite în teoria maşinii sincrone. **5** (1957) nr. 4 p. 106—113, bibliogr. 11 referinţe

CZ 621.313.32

Bb 32 — *Nedelcu V. N.* (Ing.): Cuplul electromagnetic dezvoltat de maşina sincronă în regimul conectării la reţea prin metoda autosincronizării. **5** (1957) nr. 11 p. 371—375, bibliogr. 9 referinţe

CZ 621.313.32.013.8

Bb 33 — *Nedelcu V. N.* (Ing.) *Creţu D.* (Ing.) şi *Apetrei C.* (Ing.): Determinarea vitezei de răspuns a excitatoarelor generatoarelor sincrone. [Cu exemple de calcul]. **5** (1957) nr. 2 p. 49—58, 9 fig, 2 tab, bibliogr. 9 referinţe

CZ 621.313.33

Bb 34 — *Nicolaide A. C.* (Ing.): Maşini asincrone cu circuitul secundar nesimetric. **4** (1956) nr. 12 p. 545—550, 5 fig bibliogr, 9 referinţe

CZ 621.313.33

Bb 35 — *Novac I.* (Ing.): Comportarea motoarelor asincrone trifazate la trecerea de la 320 V şi 42 Hz la 380 V şi 50 Hz. **2** (1954) nr. 5/6 p. 194—205, 8 fig

CZ 538.122: 518.3: 621.313.042.3

Bb 36 — *Novac I.* (Ing.): Nomograma pentru determinarea intensităţii cîmpului în dinţii maşinilor electrice. **4**(1956) nr. 1 p. 19—22.5 fig. Erata nr. 5 p. 236

CZ 621.313,322—81.012.4

Bb 37 — *Novac I.* (Ing.): Contribuţii la calcul caracteristicii de mers în gol a turbogeneratoarelor. **4** (1956) nr. 7 p. 300—305, 7 fig. tab

CZ 621.313.33

Bb 38 — *Novac I.* (Ing.) şi *Centea O.* (Ing.): Influenţa momentelor asincrone parazite, datorite armonicelor superioare, asupra momentului maşinii asincrone trifazate în colivie. **2** (1954) nr. 2 p. 48 — 56, 9 fig. 4 tab

CZ 621.313.334

Bb 39 — *Pesici M.* (Ing.): Aplicarea sistemului DAG în sincronizarea motorului asincron. **4** (1956) nr. 7 p. 293—299, 11 fig. bibliogr. 11 referinţe

CZ 621.313

Bb 40 — *Petrov G. N.*: Maşini electrice. Vol. I. Moscova 1956: 220 p. (8°) [Rec: Gheorghiu I. S. (Prof. Ing.) şi Nedelcu V. N. (Ing.) **5** (1957) nr. 2 p. 64—66]

CZ 621.313

Bb 41 — *Raicu I.* (Ing.): Precizia echilibrării rotoarelor **3** (1955) nr. 1 p. 39—41, 2 tab

CZ 621.313

Bb 42 — *Rivlin L. B.*: Motoarele electrice şi exploatarea lor. Trad. din l. rusă. Buc. 1952: 1 vol. (8°) EES [Rec: Semlyen E. **1** (1953) nr. 5 p. 45—46]

CZ 621.313.045

Bb 43 — *Richter R.*: Manual de bobinajele maşinilor electrice. Karlsruhe 1952: 1 vol. (8°) [Rec: Weisman J. **5** (1957) nr. 3 p. 95—96]

CZ 621.313.12

Bb 44 — *Sălăgean T.* (Ing.): Dimensionarea generatoarelor unipolare cu rotor bobinat. **3** (1955) nr. 2/3 p. 73—78, 7 fig, 3 tab

CZ 621.313.3.016.35.001.37

Bb 45 — *Sălăgean T.* (Ing.) şi *Micloşi V.* (Ing.): Modele mecanice ale generatoarelor sincrone în problema stabilităţii. **3** (1955) nr. 6 p. 221—225, 5 fig

CZ 621.313.13,181.4

Bb 46 — *Veinott C. G.*: Les moteurs électriques à puissance fractionnaire. Paris 1954: 550 p. (8°) Dunod [Rec: Anon. **4** (1956) nr. 6 p. 292]

CZ 621.313.323

Bb 47 — *Weissman I.* (Ing.): Sisteme de rotaţie sincronă cu maşini asincrone. **1** (1953) nr. 8 p. 17—24, 13 diagr.

CZ 621.313

Bb 48 — [...]: Probleme noi privind calculul şi construcţia maşinilor electrice. (Bibl Anal. rom. soviet. Seria tehn. nr. 10). Buc. 1953;
[Rec: Anon. **1** (1953) nr. 8 p. 38]

CZ 621.313

Bb 49 Referate: Maşini electrice; acţionări. **4** (1956) nr. 5 p. 237; nr. 6 p. 281; nr. 7 p. 332; nr. 9. p. 427; nr. 10 p. 469; nr. 11 p. 523; nr. 12 p. 665; **5** (1957) nr. 1 p. 30 şi 34; nr. 2 p. 61; nr. 3 p. 91; 4 p. 123; nr. 5 p. 157; nr. 6 p. 188; nr. 7. p. 226; nr. 8 p. 264; nr. 9 p. 304

Bc. Transformarea energiei electrice

CZ 621.314

Bc 1 — *Arie C.* (Ing.): Metodă rapidă şi economică de proiectare a transformatoarelor de puteri mici. **1** (1953) nr. 7 p. 29—31

CZ 621.314.6.027.3: 621.3.028

Bc 2 — *Birnbaum M.* (Ing.): Asupra proiectării surselor de tensiune înaltă, redresată din înaltă frecvenţă. **4** (1956) nr. 7 p. 306—310, 12 fig

CZ 621.314.64

Bc 3 — *Corlăţeanu V.* (Prof. Ing.) şi *Şerban G.* (Ing.): Funcţionarea mutatorilor cu vapori de mercur în paralel cu generatorii de curent continuu. **1** (1953) nr. 7 p. 12—19, 10 fig

CZ 621.314.211

Bc 4 — *Corlăţeanu V.* (Prof. Ing.) şi *Şerban G.* (Ing.): Amortizarea armonicilor de ordin trei, la transformatoare trifazate. **5** (1957) nr. 12 p. 395—404, 14 bibliogr. 10 referinţe

CZ 621.314

Bc 5 — *Grosu St.* (Ing.): Probleme în legătură cu calculul şi construcţia autotransformatoarelor. **3** (1955) nr. 4 p. 130—135, 10 fig

CZ 621.314

Bc 6 — *Grosu St.* (Ing.): Probleme în legătură cu construcţia transformatorilor de mare putere. **2** (1954) nr. 4 p. 121—130, 11 fig, 2 tab

CZ 621.314

Bc 7 — *Gheorghiu I. S.* (Prof. Ing.): Problema forţelor axiale la transformatorii de forţă. **1** (1953) nr. 9 p. 5—15, 11 fig, bibliogr, 9 referinţe

CZ 621.311.1: 621.314. 222

Bc 8 — *Grosu St.* (Ing.): Transformatoare pentru electrificarea rurală. **4** (1956) nr. 8 p. 356—360, 3 fig

CZ 621.314

Bc 9 — *Grosu St.* (Ing.): Principii constructive şi de calcul în legătură cu proiectarea unei serii de transformatori de putere mijlocie. **1** (1953) nr. 3/4 p. 29 — 35, 5 fig, 1 tab

CZ 621.314.6

Bc 10 — *Hortopan Gh.* (Ing.): Elementele de calcul pentru redresoare de putere: I. Tensiunea redresată. — II. Parumetrii transformatorului. **3** (1955) nr. 6 p. 225—232, 19 fig.; nr. 8 p. 323—344, 32 fig, 2 tab., bibliogr. 11 referinţe

CZ 621.314.65.072.112

Bc 11 — *Hortopan Gh.* (Ing.): Elementele de calcul pentru redresoare de putere: III. Reglajul tensiunii şi curentului. **4** (1956) nr. 3 p. 107—115, 19 fig, bibliogr. 13 referinţe

CZ 621.314.212

Bc 12 — *Hortopan Gh.* (Ing.): Transformatoarele de mare putere şi de înaltă tensiune. **5** (1957) nr. 12 p. 415—424, 17 fig, bibliogr. 20 referinţe

CZ 621.314.634

Bc 13 — *Mozes Gh.* (Chim.), *Cosăceanu Lidia* (Ing) şi *Tenescu Elena* (Ing. ICPET): Fabricarea celulelor redresoare cu seleniu. **5** (1957) nr. 9 p. 269—280, 22 fig., 3 tab. bibliogr. 9 referinţe.

CZ 621.314

Bc 14 — *Parteni Antoni C.* (Prof. Dr. Ing): Consideraţii asupra problemei supratensiunilor la transformatoare. **1** (1953) nr. 11 p. 1—6, 5 fig

CZ 621.314.2

Bc 15 — *Parteni Antoni C.* (Prof. Ing.), *Boaru C* (Ing) şi *Ciubotaru F* (Ing): Compensarea transformatoarelor de curent. **3** (1955) nr. 1 p. 1—13, 17 fig

CZ 621.314.228.8.088

Bc 16 — *Semlyen A.* (Ing.): Metode moderne de compensare a transformatoarelor de curent: cazuri particulare de magnetizare. **5** (1957) nr. 7 p. 218—224, 18 fig, bibliogr, 10 referinţe

CZ 621.314

Bc 17 — *Török B.* şi *Czizy T.*: Rezistenţa termică şi dinamică a transformatoarelor de intensitate şi în special a celor cu bobinaje de Al. Trad. din l. ungară. **1** (1953) nr. 12 p. 33—39, 4 fig
cf: Observ. Avramescu A. p. 40—42

CZ 621.314.27

Bc 18 — *Toţia H.* (Ing.): Divizarea frecvenţei. **3** (1955) nr.2/3 p. 102—105, 14 fig

CZ 621.314.2

Bc 19 — Referate: Transformatoare. Redresoare-Mutatoare. **4** (1956) nr. 5 p 238; nr. 8 p. 382; nr. 9 p. 426 şi 428; nr. 10 p. 470 şi 474; nr. 11 p. 523; **5** (1957) nr. 1 p. 31; nr. 4 p. 123; nr. 5 p. 162; nr. 7 p. 226; nr. 11 p. 388; nr. 12 p. 431

Bd. Transportul energiei electrice

CZ 621.311.1: 621.315.52/53

Bd 1 — *Avramescu A.* (Prof. Dr. Ing.): Conductoare din oţel — aluminiu în reţele rurale. **5** (1957) nr. 2 p. 37—42, 4 diagr, 1 tab, bibliogr. 31 referinţe

CZ 621.315.616

Bd 2 — *Bădică I.* şi *Gheorghiu C.*: Fabricarea plasticurilor de cauciuc folosite la izolarea conductorilor şi cablurilor electrice. **1** (1953) nr. 5 p. 34—39, 1 schemă

CZ 621.315.61

Bd 3 — *Braghin C.*: Străpungerea unui material dur de izolaţie. Trad. **3** (1955) nr. 4 p. 161—162, 3 fig.

CZ 621.315.612

Bd 4 — *Dobrev I.* (Ing.) şi *Ivaşcu V.* (Ing.): Arderea porţelanului electrotehnic şi concepţii noi în construcţia cuptoarelor rotunde care funcţionează cu gaz metan. **1** (1953) nr. 11 p. 27—36, 13 fig

CZ 621.315.611

Bd 5 — *Fihman L.* (Ing.): Aerul ca dielectric. **3** (1955) nr. 4 p. 135—144, 10 fig 5 tab

CZ 621.315.2.002.3

Bd 6 — *King-Wentworth V.*: Raw materials for electric cables. Ldn 1952: 362 p. (8°)
[Rec: Anon. **4** (1956) nr. 6 p. 292]

CZ 621.315.616

Bd 7 — *Liuba V.* (Ing.): Izoperlonul, o nouă izolaţie pentru sîrmele de bobinaj din Al. **2** (1954) nr. 3 p. 102—103

CZ 621.315.21

Bd 8 — *Moisil Gh.* (Ing.): Apărarea reţelelor subterane de cable şi canalizaţii metalice împotriva coroziunii prin curenţi de dispersie. **2** (1954) nr. 7 p. 18—26, 6 fig

CZ 620.193.7: 621,. 315.21

Bd 9 — *Moisil Gh.* (Ing.): Protecţia prin învelişuri izolante a cablurilor şi canalizaţiilor împotriva coroziunii prin curenţi de dispersie. **3** (1955) nr. 12 p. 530—535, 5 fig

CZ 621.315.23: 620.197.5

Bd 10 — *Mosil Gh.* (Ing.): Protecţia catodică a reţelelor subterane. **4** (1956) nr. 8 p. 349—355, 13 fig

CZ 621.315.615.2

Bd 11 — *Mozes Gh.* (Chim.) şi *Cosăceanu Lidia* (Ing. ICPET): Studiul stabilităţii uleiului de transformator. **5** (1957) nr. 9 p. 299—304, 7 diagr. 1 tab, bibliogr. 4 referinţe

CZ 621.316.57: 621.315.17: 061.3 CIGRE

Bd 12 — *Niţu V. I.* (Ing.): Aspecte ale problemei întreruptoarelor tensiunilor înalte şi a construcţiei liniilor electrice la cea de a 16-a sesiune a GIGRE-ului. **4** (1956) nr. 12 p. 540—544, 7 fig

CZ 621.315.623.4: 537.212

Bd 13 — *Popescu Ch.* şi *Tănăsescu Fl.* (Ing.): Imaginea cîmpului electric în jurul izolatoarelor suport de interior indigene de 6,10,20,35 kV şi comportarea lor la unde de impuls de tensiune. **5** (1957) nr. 5 p. 139—147, 10 fig., 5 tab, bibliogr. 16 referinţe

CZ 621.315.52.011

Bd 14 — *Saviuc V, Sabatin I.* şi *Crişan Al.* (Ing. Craiova): Parametrii electrici în curent alternativ ai conductoarelor unifilare de oţel de producţie indigenă. **5** (1957) nr. 5 p. 148—153, 9 fig., bibliogr. 9 referinţe

CZ 621 315 61.027.3

Bd 15 — *Stamm H.* (Prof. Dr. Ilmenau) : Materiale electroizolate în construcţia aparatelor electrice de înaltă tensiune. Trad. **3** (1955) nr. 8 p. 380—388, 1 tab

CZ 621.315

Bd 16 — *Vajda M.* : Probleme actuale legate de mărirea curenţilor de scurtcircuit în sistemul energetic maghiar. Trad. **3** (1955) nr. 2/3 p. 108—109

CZ 621.315.57

Bd 17 — [. . .] : Materiale electroceramice. (*Bibl. Anal. rom. soviet. Seria* tehn. nr. 12). Buc 1952.
[Rec : Nicolau Edm. (Prof. Ing.) **1** 1953) nr. 8 p. 37—38]

CZ 621.315

Bd. 18 — [. . .] : Referate : linii şi reţele electrice. **4** (1956) nr. 5 p. 239 ; **5** (1957) nr. 1 p. 32 ; nr. 4 p. 128 ; nr. 7 p. 227 ; nr. 8 p. 266

CZ 621.315.

Bd 19 — [. . .] : Referate : cabluri electrice. **4** (1956) nr. 7 p. 336 ; nr. 12 p. 569 ; **5** (1957) nr. 7 p. 227 ; nr. 8 p. 264

Be. Distribuţia energiei electrice inclusiv Aparataj.

CZ 621.316.54

Be 1 — *Brenner G.* (Ing.) : Întrerupător automat, trifazic, cu protecţie contra supraintensităţii şi cu dispozitiv de reconectare automată, repetată, a motoarelor în scurtcircuit, în cazul întreruperilor de alimentare [inov. tehnicianului Alex. Repeţeanu]. **1** (1953) nr. 7 p. 32—35, 1 fig

CZ 621.313.32.001 : 621.317.081.4

Be 2 — *Cotnăreanu I.* (Ing. ICPET) : Divizor de tensiune capacitiv pentru reţele energetice (de 110 kV). **5** (1957) nr. 4 p. 102—106, 5 fig. 5 tab bibliogr. 7 referinţe

CZ 621.316.99

Be 3 — *Dolghinov A.* şi *Col.* : Punerea la pământ a conductorilor de protecţie prin distanţe disruptive.
[Ref : Avramescu A. **1** (1953) nr. 9 p. 47—48]

CZ 621.316.933.3

Be 4 — *Donici Silviu* (Ing.) şi *Mihăescu Mariana* (*Chim.*) : Descărcătoare cu rezistenţă variabilă construite în ţara noastră (tip ICPET). **5** (1957) nr. 8 p. 237—245 : 10 fig. 4 tab. bibliogr. 16 referinţe

CZ 621.316.54

Be 5 — *Leimdorfer A.* (Ing.) : Contacte de fontă (încercări cu motoare de 10—28 kW) pentru controlere în ulei. **2** (1954) nr. 5/6 p. 225—226, 2 fig.

CZ 621.316.1

Be 6 — *Mauduit A.* : Instalaţii electrice de înaltă şi joasă tensiune. Paris 1956 : 1 vol.
[Rec : Pesici M. (Ing.) : **4** (1956 nr. 6p. 290]

CZ 621.316.5.027.3

Be 7 — *Mihailov V. V.* : Calculul şi construcţia aparatajului de înaltă tensiune. Moscova 1955 : 272 p. (8°) [Rec. Anon **4** (1956) nr. 6 p. 290]

CZ 621.316.57 : 621.315.17 : 061.3 CIGRE

Be 8 — *Niţu V. I.* (Ing.) : Aspecte ale problemelor întreruptoarelor, tensiunilor înalte şi a construcţiei liniilor electrice, la cea de a 16-a sesiune a GIGRE-ului. **4** (1956) nr. 12 p. 540—544, 7 fig

CZ 621.316.98

Be 9 — *Popa A.* (Ing.) : Descărcători tubulari. **1** (1953) nr. 1/2 p. 33—41, 8 fig. bibliogr. 10 referinţe — Observ. Marc D. (Ing.). nr. 7 p. 32

CZ 621.316.53.064.44

Be 10 — *Predoiu A. C.* (Ing.) : Autosuflajul magnetic şi aplicaţiile lui în aparatele de comandă, de joasă tensiune. **3** (1955) nr. 8 p. 393—403, 13 fig ; 2 tab. bibliogr. 8 referinţe

CZ 621.316544

Be 11 — *Predoiu A. C.* (Ing) : Cinematica şi dinamica sistemului de contact la contactori. **3** (1955) nr. 2/3 p. 79—86, 9 fig. 2 tab.

Cz 621.318.5

Be 12 — *Semlyen A.* (Ing. Timişoara) : Despre alegerea dimensiunilor principale ale lamelor bimetalice simple folosite ca relee de supracurent **5** (1957) nr. 6 p. 183—188, 9 fig

CZ 621.316.3/9.027.3 (R)

Be 13 — *Weissmann I.* (Ing.) : Dezvoltarea fabricaţiei aparatajului de înaltă tensiune, în ţară. **4** (1956) nr. 10 p. 441—446, 2 fig. bibliogr. 9 referinţe.

CZ 621.316.3

Be 14 — [. . .] : Referate : Întreruptoare. Relee. Aparataj. **4** (1956) nr. 5 p. 240 ; nr 10 p. 472 ; nr. 11 p. 526 ; nr. 12 p. 566 ; **5** (1957) nr. 1 p. 31 ; nr. 8 p. 266

CZ 621.316.262

Be 15 — [. . .] : Referate : Staţii. **4** (1957) nr. 10 p. 473 ; **5** (1957) nr. 2 p. 63

C. TEHNICA MĂSURĂRII ŞI ÎNCERCĂRILOR ELECTRICE

CZ 621.317.38.016.45

C 1 — *Andronescu Pl.* (Prof. Dr. Ing.) : Erorile de conectare la măsurarea energiei reactive pentru circuite trifazate simetrice în regim sinusoidal. **4** (1956) nr. 5 p. 199—204, 5 fig

CZ 621.318.4 : 621.317.333

C 2 — *Aronovici E.* (Ing. ICPET) : Aparat electronic pentru determinarea numărului de spire şi al scurtcircuitelor în bobinajele mici. **5** (1957) nr. 8 p. 262—263, 1 fig, 1 tab

CZ 621.317.7

C 3 — *Balasz M.* şi *Rădulescu N.* (Studenţi) : Conturul oscilatoriu pentru experimentarea întreruptoarelor de înaltă tensiune şi de mare putere. **1** (1953) nr. 8 p. 35—36, 2 fig

CZ 621.387.464

C 4 — *Birks J. H.* : Scintillation counters. Ldn 1954 : 148 p. (8°)
[Rec : Anon **4** (1956) nr. 6 p. 291]

CZ 621.317.39 : 536.537 531.787.9.

C 5 — *Birzescu A.* (Ing.) : Aparate indicatoare de presiune şi temperatură pentru echipamente de tipul cu impuls : termometrul de tip cu impulsuri. **4** (1956) nr. 1 p. 29—36, 3 fig. tab.

CZ 621.317.7

C 6 — *Cruceru C.* (Ing.) Metoda de încercare a conductorilor electrici emailaţi. **1** (1953) nr. 1/2 p. 41—47, 12 fig

CZ 621.317.3

C 7 — *Dragu Gh.* (Dr. Ing.) şi *Antoniu I. S.* (Dr. Ing) : Determinarea caracteristicilor tensiunilor de şoc cu ajutorul klidonografului. **1** (1953) nr. 9 p. 20—24, 12 fig

CZ 621, 317.784.083.722

C 8 — *Duma Mario* (Ing. ICPET) : Telewattmetru electric pentru distanţe mari. **5** (1957) nr. 8 p. 258—262, 5 fig. bibliogr. 7 referinţe.

CZ 621.317.78

C 9 — *Fränkel D.* (Ing.) : Folosirea metodei componentelor simetrice la măsurarea puterii, respectiv energiei active şi reactive în sisteme trifazate cu 3 conductoare. **3** (1955) nr. 2/3 p. 51—59,16 fig. 6 tab.

CZ 621.317,382 — 621.317,784.025.3

C 10 — *Fränkel D.* (Ing.) : Scheme de conexiuni ale wattmetrelor obişnuite, pentru măsurarea puterii active, respectiv reactive, în sisteme trifazate cu conductor neutru. **4** (1956) nr. 2 p. 56—60, 2 fig., 4 tab, bibliogr. 8 referinţe — Rectificare, **5** (1957) nr. 1 Coperta III

CZ 621.316.13.025.3 : 621.317.382

C 11 — *Fränkel D.* (Ing.) : Măsurarea puterii active şi reactive în sisteme trifazate cu trei conductoare cu un singur wattmetru. **5** (1957) nr. 2 p. 58—60, 5 fig. bibliogr. 5 referinţe

CZ 621.318 423 : 621.315.53

C 12 — *Fränkel D.* (Ing.) : Măsurarea puterii active maxime şi de nesimetrie în sisteme trifazate. **5** (1957) nr. 3 p. 82—84, 5 fig., bibliogr. 6 ref.

CZ 621.387.4 : 621.375.2

C 13 — *Gillespie A* : Signal, noise and resolution în nuclear counter amplifiers. Ldn 1953 : 155 p (8°) [Rec : Anon. **4** (1956) nr. 6 p. 291]

CZ 621.385.3 : 621.317.32

C 14 — *Herscovici H.* (Ing.) : Unele probleme cu privire la utilizarea tubului electronic în măsurători electrometrice industriale. **4** (1956) nr. 2 p. 69—77, 14 fig. bibliogr. 12 referinţe

CZ 621.317.723.016.35 : 621.385

C 15 — *Herscovici H.* (Ing.) : Probleme de stabilitate ale electrometrelor electronice. **4** (1956) nr. 4 p. 180—187, 18 fig. bibliogr. 5 referinţe

CZ 545.371.621.38

C 16 — *Herscovici H.* (Ing.) : Aparat electronic pentru măsurători industriale de pH. **4** (1956) nr. 6 p. 277—280, 5 fig. bibliogr. 11 referinţe

CZ 621.317.733.088.2

C 17 — *Hoppe E.* (Ing.) : Eroarea introdusă de rezistenţa de reglaj la alimentarea punţilor Wheatstone neechilibrate de la surse cu tensiune variabile. **4** (1956) nr. 11 p. 485—488, 6 fig

CZ 621.317.35

C 18 — *Hortopan Gh.* (Ing.) : Încercarea la puterea de rupere a întreruptoarelor de înaltă tensiune. **5** (1957) nr. 11 p. 365—371, 6 fig. bibliogr. 21 referinţe

CZ 621.317.772

C 19 — *Martac D.* (Ing.) : Construcţia şi funcţionarea unui cosfimetru cleşte **3** (1955) nr. 7 p. 272—282, 4 fig

CZ 621.317.33

C 20 — *Mastero S.* (Ing.) : Introducere în studiul experimental al rezistenţelor de contact. **1** (1953) nr. 9 p. 35—39, 3 fig. 2 tab.

CZ 621.317

C 21 — *Nicolau Edm.* (Prof. Ing.) : Circuite de măsură în dublu T. **1** (1953) nr 5. p. 26—33, 12 fig. 1 tab.

CZ 621.317

C 22 — *Nicolau Edm.* (Prof. Ing.) : Analizorul diferenţial electronic. **2** (1954) nr. 5/6 p. 223—224, 7 fig

CZ 621.317.335.017.1

C 23 — *Nicolau Edm.* (Prof. Ing.) : Asupra măsurării pierderilor condensatoarelor cu Q-metrul. **3** (1955) nr. 9 p. 408—409, 5 fig

CZ 621.317.725 : 621.396.611.21

C 24 — *Nicolau Edm.* : Voltmetre electronice cu tranzistoare. **4** (1956) nr. 1 p. 45, 2 fig

CZ 621.317.39

C 25 — *Nistor N.* (Ing.) : Noi metode de determinare a gradului de umiditate din izolaţia maşinilor electrice şi transformatoarelor. **1** (1953) nr. 6 p. 12—16, 12 fig

CZ 621.316.13.025.3.621.871.84.

C 26 — *Preda M.* (Ing.) şi *Ambrozie C.* (Ing.) : Posibilităţi de măsurare a puterii reactive şi a energiei reactive în reţelele trifazate nesimetrice. **5** (1957) nr. 1 19—27,5 fig. 3 tab. bibliogr. 6 referinţe. Erata nr. 5 p. 132

CZ 621.317.35

C 27 — *Predoiu A.* (Ing.) : Studiul cu ajutorul oscilografului şi fotografierii rapide a procesului de stingere a arcului electric la aparatele de joasă tensiune (instalaţie realizată la „Electroaparataj"), **5** (1957) nr. 11 p. 375—382, 11 fig. bibliogr. 19 referinţe

CZ 621.317.32

C 28 — *Şora C.* (Ing.) : Determinarea experimentală a inductanţelor de scăpări, folosind o metodă de opoziţie. **1** (1953) nr. 6 p. 17—23, 13 fig. 4 tab — Cf Observ. Bunea V. (Ing.) **2** (1954) nr. 4 p. 154—156 şi replica Autor. p. 154

CZ 621.317

C. 29 — *Şora I.* (Ing.) : Determinarea experimentală a caracteristicii cuplului la motoarele asincrone cu rotorul în scurtcircuit. **5** (1957) nr. 12 p. 424—428, 8 fig bibliogr 11 referinţe

CZ 621.317.755 : 621.3.015.7

C 30 — *Stere R.* (Ing.), *Birnbaum M.* (Ing.) şi *Leibovici I.* (Ing.) : Osciloscop catodic pentru studiul impulsurilor (sincroscop), realizat la Inst. Politehnic Buc. **4** (1956) nr. 11 p. 502—507, 8 fig. bibliogr. 10 referinţe

CZ 621.315.5.012

C 31 — *Vasiliu M.* (Prof. Dr. Ing.) şi *Untu R.* (Ing.) : Studiul caracteristicllor fizice şi mecanice ale unor conductoare electrice. (Cupru şi bimetalice). **4** (1956) nr. 11 p. 496—501, 5 fig, 5 tab

CZ 621.0317 443

C 32 — *Vazaca Chr.* (Prof. Ing.) : Permeametru cu cimp magnetizat de mare intensitate (construit de autor). **4** (1956) nr. 9 p. 417—424, 15 fig

CZ 621.314.621.317

C 33 — *Zaiţev A.* : Transformator de măsură pentru curent continuu. Trad. **3** (1956) nr. 1 p. 45 — 46, 2 fig.

CZ 621.3

C 34 — [...] : Referate : Aparate de măsură electrice şi măsurători electrice. **4** (1956) nr. 6 p. 382 ; nr. 9 p. 427 ; nr. 10 p. 469 ; nr. 11 p. 522 ; nr. 12 p. 665 ; nr. 1 p. 35 ; **5** (1957) nr. 3 p. 92 ; nr. 4 p. 124 şi 128 ; nr . 5 p. 160—161 ; nr. 6 p. 191 ; nr. 8 p.265 şi 267 ; nr. 9 p. 304 şi 306

D. APLICAŢII TEHNICE ALE MAGNETISMULUI ŞI ELECTROSTATICII

Da. Aplicaţii tehnice ale magnetismului, inclusiv materiale şi semifabricate

CZ 621.318

Da 1 — *Andronescu Plautius* (Prof. Dr. Ing.) : Calcule de aproximaţie în fenomene feromagnetice şi analiza Fourier. **2** (1954) nr. 2 p. 41—47, 5 fig. tab.

CZ 621,318.2

Da 2 — *Avramescu A.* (Dr. Ing.) şi *Cedighian S.* (Dr. Ing.) : Probleme actuale privind magneţii permanenţi. **4** (1956) nr. 9 p. 389—393

CZ 621.318.4

Da 3 — *Bălă C.* (Ing.) Regimul de lucru în curent alternativ al unei bobine saturate. **2** (1954) nr. 3 p. 81—84, 5 fig. 6 tab

CZ 621.318.3

Da 4 — *Cedighian S.* (Dr. Ing.) : Magneţi permanenţi. **1** (1953) nr. 10 p. 21—26 7 fig

CZ 621.318.2 : 538.246 2

Da 5 — *Cedighian S.* (Dr. Ing.) : Din teoria magneţilor permanenţi. **4** (1956) nr. 9 p. 394—399. 2 fig bibliogr 6 referinţe

CZ 621.318.4

Da 6 — *Hoppe E.* (Ing.) : Contribuţie la geometria bobinelor cilindrice. **1** (1953) nr. 6 p. 34—44, 12 fig. 4 tab

CZ 621.318.4

Da 7 — *Hoppe E.* (Ing.) : Nomograma pentru calculul bobinelor cilindrice. **1** (1953) nr. 7 p. 25—29, 4 diagr.

CZ 621.318.2.012

Da 8 — *Hortopan Viorica.* (Ing.) : Stabilirea caracteristicilor magneţilor permanenţi. **4** (1956) nr. 4 p. 163—171, 14 fig. 1 tab. bibliogr. 15 referinţe

CZ 621.318.2 : 621.317.4

Da 9 — *Hortopan Viorica* (Ing.) : Metode de măsurare pentru mărimile B, J, H la magneţi permanenţi. **4** (1956) nr. 9 p. 400—409, 17 fig. bibliogr. 24 referinţe.

CZ 621.318.22

Da 10 — *Ivascu Viorica.* (Ing.) şi *Tanach V.* (Ing.) : Magneţi permanenţi pe bază de ferită de bariu. (Cercetări ICPET). **4** (1956) nr. 10 p. 447—455, 10 fig. bibliogr. 13 referinţe

CZ 621.318.423.041.1

Da 11 — *Moraru Augustin* (Ing.) : Dimensiunile optime ale bobinelor cu miez de fier la un factor de pierderi dat. **5** (1957) nr. 7 p. 198—210, 9 fig, 5 tab.

CZ 621.3.042.15.621.317.4

Da 12 — *Nicolau Edm* : Asupra măsurării feritelor pentru miezuri de înaltă frecvenţă. **4** (1956) nr. 6 p. 272—276, 11 fig

CZ 621.318.423 : 621.315.53

Da 13—*Niţu V. I.* (Ing.) : Condiţiile înlocuirii cuprului cu aluminiul la bobinele de reactanţă. **5** (1957) nr. 13 p. 77—81. 9 fig. 2 tab. bibliogr. 6 referinţe.

CZ 621.318

Da 14 — *Oncica D.* (Ing.) : Materiale cu proprietăţi magnetice speciale şi domeniul lor de utilizare. **2** (1954) nr. 2 p. 62—68, 8 fig

CZ 621.818.2 : 621.317.4

Da 15 — *Popescu Ch.* (Ing.) : Măsurători de magneţi permanenţi în laboratorul ICPET. **4** (1956) nr. 9 p. 410—416, 10 fig. bibliogr., 5 referinţe

CZ 621.318.4

Da 16 — *Popov M.* (Ing.) : Asupra „bobinei naturale" (propusă de ing. Egon Hoppe) conducînd la pierderi minime. **2** (1954) nr. 4 p. 150—154, 3 fig.

CZ 621.318.22

Da 17 — *Schneier Th.* (Ing.) : Materiale noi în construcţia magneţilor permanenţi. **3** (1955) nr. 10 p. 446—448, 2 fig

CZ 621.395.613.4

Da 18 — *Schneier Th.* (Ing.) : Realizarea benzii de magnetofon (la Instit. de Fizică al Acad. R.P.R.). **3** (1955) nr. 11 p. 509—511. 1 fig

CZ 621318.5

Da 19 — *Semlyen A.* (Ing.) : Compensarea curentului de magnetizare la relee de mare sensibilitate. **1** (1953) nr. 1/2 p. 55—56, 4 fig

CZ 621.318.33.042.4

Da 20 — *Semlyen A.* (Ing.) : Despre alegerea întrefierului la electromagneţi cu mişcare de translaţie. **3** (1955) nr. 10 p. 419—422, 4 fig

CZ 621.316.925.43.001.24

Da 21 — *Semlyen A.* (Ing.) : Cîteva probleme în legătură cu calculul releelor directe de curent maxim. *Anexă* : Verificarea rezistenţei mecanice a unei bobine elicoidale solicitată de forţe electrodinamice. **4** (1956) nr. 5 p. 210—216, 15 fig

CZ 621.318.3

Da 22 — *Ţugulea A.* (Ing.) : Consideraţiuni asupra calculului circuitelor magnetice cu fier. **1** (1953) nr. 8 p. 9—13, 4 diagr

CZ 621.319

Da 23 — [...] : Referate : Magneti. **4** (1956)nr. 6 p. 334

Db. Aplicaţii tehnice ale Electrostaticii

CZ 621.319.4.027.5 : 621.316.727

Db 1 — *Bercu A.* (Ing. ICPET) : Problemele construcţiei condensatoarelor de forţă pentru tensiunea de 6,6kV **5** (1957) nr. 8 p. 252—258, 8 fig. 2 tab. bibliogr. 11 referinţe.

CZ 621.319.45

Db 2 — *Budeanu C.* (Prof. Ing.) : Condensatoare industriale pentru compensarea factorului de putere. **1** (1953) nr. 6 p. 5—11, 2 fig

CZ 621.319.4

Db 3 — *Bunea V.* (Ing.) : Contribuţia industriei electrotehnice la ameliorarea factorului de putere în instalaţii şi reţele. **1** (1953) nr. 10 p. 11—20, 7 fig.

CZ 621.319.2

Db 4 — *Drozdov N.* : Electricitatea statică în industrie. Buc. 1953 : 1 vol (8°) fig. Edit tehnică.
[Rec : Ungureanu C. (Ing.) **1** (1953) nr. 1 p. 65]

CZ 621.319.4

Db 5 — *Litvac I. V.* : Problemele ameliorării factorului de putere în întreprinderi industriale. Buc. 1953 : 1 vol. (8°) [Rec. Ungureanu C. **1** (1953) nr. 1/2 p. 65]

CZ 621.3.062.9

Db 6 — *Sora C.* (Ing.) : Un caz particular de circuite electrice cuplate capacitiv. **3** (1955) nr. 10 p. 454—459, 14 fig. 2 tab.

CZ 621.319.4

Db 7 — *Stoicescu Gh.* (Ing.) : Electrosecuritatea în exploatarea condensatoarelor statice. **1** (1953) nr. 3/4 p. 50—54, 5 fig

CZ 621.319.4

Db 8 — *Vonica I.* (Ing.) : Transformări de energie în montaje de condensatoare electrice. **1** (1953) nr. 3/4 p. 61—63, 2 fig

CZ 621.319.4

Db 9 — [...] : Referate : Condensatoare. **4** (1956) nr. 6 p. 332 ; 5 (1957) nr. 2 p. 64

E. ILUMINATUL ELECTRIC

CZ 628.9

E 1 — *ASIT* : Pentru o îmbunătăţire a iluminatului în R.P.R. (programul lucrărilor Comis. permanente de iluminat). **5** (1957) nr. 10 p. 310

CZ 621.326.72.032.18

E 2 — *Grigorovici R.* (Ing.) şi *Roth Al.* (Ing. „Electrofar") : Metodă de proiectare a lămpilor cu incandescenţă umplute cu gaze inerte. **5** (1957) nr. 10 p. 338—344, 6 fig.

CZ 683.853

E 3 — *Ionescu Emil* (Ing. IPROMET) : Sticla prizmatică plană utilizată pentru corpuri de iluminat. **5** (1957) nr. 10 p. 325—329, 16 fig. bibliogr. 5 referinţe.

CZ 621.326.7

E 4 — *Ionescu Emil* (Ing. IPROMET) şi *Sebestyen Ervin* (Ing. „Electrofar") : Lămpi incandescente cu Kripton. **5** (1957) nr. 10 p. 344—348, 3 tab. bibliogr. 7 referinţe.

CZ 621.327.42

E 5 — *Kantar N.* (Ing.) : Lămpi fluorescente. **3** (1955) nr. 10 p. 449—453, 9 fig. bibliogr. 7 referinţe.

CZ 628.9 : 535.371 : 621.327.43

E 6 — *Kantar N.* (Ing.) : Scheme de montaj şi tehnica iluminatului fluorescent. **3** (1955) nr. 12 p. 558—567, 29 fig. bibliogr. 9 referinţe.

CZ 628.9

E 7 — *Köln W.* : Lichttechnik. Berlin 1952 : 1 vol. (8°) Helios-Verlag [Rec : Rosenberg N. (Ing.) **5** (1957) nr. 10 p. 350]

CZ 628.93 : 621.327.43

E 8 — *Nahmias Gaston* (Ing.) şi *Rosenberg Nathan* (Cercet.) : Asupra problemei dificienţelor instalaţiilor de iluminat cu lămpi fluorescente. **5** (1957) nr. 10 p. 329—337, 5 fig. 4 tab. bibliogr. 17 referinţe

CZ 621.32

E 9 — *Riabov M. S.*: Partea electrică a instalaţiilor de iluminat. Trad. din l. rusă. Buc. 1952 : 1 vol. (8°) fig EES
[Rec : Z. H. **1** (1953) nr. 5 p. 45]

CZ 621.326.658.3

E 10 — *Roth A.* (Ing.): Asupra deformării spiralelor duble ale lămpilor cu incandescenţă. **3** (1955) nr. 7 p. 283—286, 6 fig

CZ 621.327.43

E 11 — *Roth A.* (Ing.): Izvoarele noi de lumină : lămpile fluorescente format balon. **4** (1956) nr. 8 p 378—381, 5 fig. bibliogr. 14 referinţe

CZ 628.971.7 :79.093.5

E 12 — *Schapira Walter* (Ing.) şi *Militaru P.* (Ing.): Instalaţii pentru iluminatul nocturn al stadioanelor. Prezentarea instalaţiei proiectate pentru stadionul „Republicii" din Bucureşti. **5** (1957) nr. 10 p. 311—324, 23 fig. bibliogr. 17 referinţe.

CZ 621.32

E 13 — [...]: Referate : iluminat. **4** (1956) nr. 7 p. 336; nr. 11 p. 527; **5** (1957) nr. 4 p. 129; nr. 10 p. 348; nr. 11 p. 389; nr. 12 p. 431

F. TRACŢIUNEA ELECTRICĂ (PE CALE FERATĂ ŞI PE ŞOSEA)

CZ 656.1 (47)

F 1 — *Basurmanov A.*: Introducerea tehnicii noi în transportul electric de suprafaţă din Moscova. Trad. **4** (1956) nr. 1 p. 49—51, 2 fig.

CZ 621.331

F 2 — *Corodeanu I.* (Ing.): Tracţiunea electrică feroviară în curent monofazat de frecvenţă normală. **2** (1954) nr. 1 p. 4—17, 19 fig. bibliogr. 8 referinţe.

CZ 621.33

F 3 — *Hardt M.*: Electrificarea căilor ferate din U.R.S.S. **5** (1957) nr. 11 p. 382—384, 3 fig. bibliogr. 8 referinţe

CZ 621.333

F 4. — *Joffe A.*: Condiţii potenţiale la colector ale motorului de tracţiune de înaltă tensiune şi calea pentru îmbunătăţirea lor. Trad. **3** (1955) nr. 1 p. 46, 1 fig.

CZ 621.333

F 5 — *Şora C.* (Ing.): Cîteva consideraţii asupra motoarelor monofazate cu colector, folosite în tracţiunea electrică. **2** (1954) nr. 3 p. 92—97, 5 fig.

CZ 621.335

F 6 — *Turbuţiu Gh.* (Ing.): Calculul pornirii şi influenţa numărului de trepte reostatice asupra acceleraţiei la vehiculele electrice de curent continuu. **3** (1955) nr. 1 p. 14—19, 16 fig

CZ 621.337.523

F 7 — *Turbuţiu Gh.* (Ing.): Despre automatizarea schemelor electrice la tramvaie. **3** (1955) nr. 5 p. 186—190, 15 fig

CZ 621.331.001.24

F 8 — *Turbuţiu Gh.* (Ing.): Calculul unor parametri de bază din tracţiunea electrică în funcţie de timp, prin metode grafice. **3** (1955) nr. 11 p. 478—482, 5 fig

CZ 621.337 :635.62.001.6.

F 9 — *Turbuţiu Gh.* (Ing.): Unele probleme legate de introducerea tehnicii noi în tracţiunea electrică din Capitală. **4** (1956) nr. 2 p. 65—68.

CZ 621.331

F 10 — [...]: Referate : tracţiunea electrică. **4** (1956) nr. 7 p. 334; nr. 8 p.382; nr. 9 p.427; nr. 11 p. 525; nr. 12 p. 566; **5** (1947) nr. 1 p. 32; nr. 2 p. 63; nr. 4 p. 127; nr. 9 p. 307

G. TEHNICĂ ELECTROCHIMICĂ

Ga. Producerea şi acumularea electricităţii pe cale chimică. Baterii — Acumulatoare.

CZ 621.352.32

Ga 1 — *Barosu Mircea.* (Chim) şi *Diaconu Lucia* (Chim): Fabricarea bateriilor anodice plate de tipul $Zn-MnO_2$. **5** (1957) nr. 9 p 284—289, 2 fig. 5 tab. bibliogr. 10 referinţe.

CZ 621.356

Ga 2 — *Cotnăreanu I.* (Ing.): Utilizarea bateriilor cu acumulatori în regim de şoc. **4** (1956) nr. 6 p. 247—250, 5 fig.

CZ 621.355.1

Ga 3 — *Fihman L.* (Ing.): Acumulatorul de peroxid de argint şi de zinc. **4** (1956) nr. 7 p. 329—331, 2 fig. 3 tab.

CZ 621.351.

Ga 4 — *Fihman L*: Producerea şi acumularea chimică a electricităţii. (Extras). **4** (1956) nr. 12 p. 568—569, 4 fig

CZ 621.351

Ga 5 — *Fihman L.*: Pile şi acumulatori. (În „Manualul inginerului electrician". Vol III. Buc 1956).
[Rec. crit. : L a z u C. (Ing.) **5** (1957) nr. 1 p. 35—36]

CZ 621.351.32

Ga 6 — *Fihman L.* (Ing.): Pile moderne cu electrodul pozitiv din bioxid de mangan. **5** (1957) nr. 4 p. 113—118, 5 fig. bibliogr. 21 referinţe.

CZ 621.352

Ga 7 — *Păun M.* (Ing.): Pentru modernizarea industriei de elemente şi baterii galvanice din R.P.R. **1** (1953) nr. 3/4 p. 42—49, 3 fig, 2 tab.

Gb. Galvanotehnica. Electrochimie tehnică etc.

CZ 621.352

Gb 1 — *Berman A.* (Ing.): Despre aluminarea prin evaporare în vid pe scară industrială. **1** (1953) nr. 1/2 p. 56—57

CZ 621.352

Gb 2 — [...]: Referate : electrochimie. **5** (1957) nr. 2 p. 63; nr. 3 p. 94; nr. 12 p. 568

H. ELECTROCĂLDURA. TERMOELECTROTEHNICĂ

Ha. Procedee şi Aparate pentru obţinerea căldurii pe cale electrică

CZ 621.316.82

Ha 1 — *Avramescu Aurel.* (Prof. Dr. Ing.): Posibilităţile calculului de dimensionare termică a siguranţelor fuzibile. **1** (1953) nr. 6 p. 23—33, 6 diagr. bibliogr. 13 referinţe.

CZ 621.36

Ha 2 — *Avramescu Aurel.* (Prof. Dr. Ing.): Calculul încălzirii staţionare a contactelor electrice. **1** (1953) nr. 9 p. 25—35, 6 diagr. 1 tab. bibliogr. 10 referinţe.

CZ 621.368 : 621.8

Ha 3 — *Avramescu Aurel.* (Prof. Dr. Ing.): Rezistenţe tubulare tip plonjor, pentru aparate electrotermice. (Comunicare ICPET). **5** (1957) nr. 1 p. 4—13, 8 diagr. 4 tab. bibliogr. 20 referinţe

CZ 621.304.3

Ha 4 — *Berman A.* (Ing.): Tehnica uscării industriale cu radiaţii infraroşii. **1** (1953) nr. 11 p. 37—45, 16 fig. 4 tab, bibliogr. 8 referinţe

CZ 621.384.3 : 667,64,047.3 +5

Ha 5 — *Berman A.* (Ing.) şi *Roth A.* (Ing.): Fizica şi tehnica uscării cu radiaţii infraroşii a suprafeţelor lăcuite. **4** (1956) nr. 6 p. 263—271, 12 fig. bibliogr. 21 referinţe

CZ 621.365.4 : 369.5.003.1

Ha 6 — *Huhulescu M.* (Ing.) : Calculul economic al aparatelor încălzitoare pentru aparate electrotermice. **3** (1955) nr. 5 p. 191—200, 10 fig, 7 tab.

CZ 621.384.3

Ha 7 — *O[anţă] G.* : Consfătuirea ASIT privind încălzirea cu radiaţii înfraroşii în industrie. **4** (1956) nr. 8 p. 386—387

CZ 621.791 : 621.3 :015.34

Ha 8 — *Papadache I.* (Ing.) : Prelucrarea metalelor prin scîntei electrice. **3** (1955) nr. 8 p. 316—322, 7 fig. 2 tab. bibliogr. 11 referinţe.

CZ 621.326.78 :535.61—15 : 662.92

Ha 9 — *Roth A.* (ing.) şi *Berman A.* (Ing.) : Asupra caracterizării instalaţiilor cu lămpi pentru radiaţii infraroşii. **3** (1955) nr. 6 p. 232—237, 10 fig. 1 tab

CZ 621.369.6.001.13 : 621,326.78 : 535.61.15

Ha 10 — *Roth A.* (Ing.) şi *Berman A.* (Ing.) : Proiectarea instalaţiilor cu lămpi pentru radiaţii infraroşii. **3** (1955) nr. 11 p. 490—498, 16 fig. 2 tab.

CZ 621.365

Ha 11 — *Vazaca Chr.* (Ing.) : Încălzirea prin inducţie cu flux transversal. **3** (1955) nr. 2/3 p. 87—101, 30 fig.

CZ 621.365

Ha 12 — *Vazaca Chr.* (Ing.) : Încălzirea prin inducţie. Buc, 1956 : 1 vol. (8°) Acad. R.P.R.
[Rec : Ianculescu Gh. R. **4** (1956) nr. 10 p 481—483]

CZ 621.36

Ha 13 — [...] : Referate : Electrocăldura. **4** (1956) nr. 7 p. 332—334 ; **5** (1957) nr. 8 p. 268

Hb. Sudarea şi Tăierea electrică a Metalelor.

CZ 621.791.852.—52

Hb 1 — *Adămut A.* : Automatizarea unei instalaţii de sudură cu hidrogen atomic. (Redactat de ing. Tr. Sălăjean). **4** (1956) nr. 7 p. 325—326, 3 fig

CZ 621.391.753

Hb 2 — *Braşovan M.* (Ing.) : Alegerea motorului de antrenare pentru un generator de sudură cap la cap. **3** (1955) nr. 5 p. 171—175,5 fig.

CZ 621.36 : 621.791.73

Hb 3 — *Kalman E.* (Ing.) : Determinarea caracteristicilor statice la o maşină cu prag de dispersie. **3** (1955) nr. 4 p. 124—129, 9 fig.

CZ 621. 791.735 : 621.314.224

Hb 4 — *Sălăgeanu T.* (Ing.) : Consideraţiuni asupra transformatoarelor cu bobine de reactanţă, folosite la sudarea cu arc electric. **4** (1956) nr. 5 p. 205—209, 5 fig. 3 tab.

CZ 621.314.214.3.076.24 : 621.791.75.

Hb 5 — *Sălăgeanu T* (Ing) şi *Popa N.* (Ing) : Cîteva probleme asupra calculului şi încercării transformatorului cu şunt magnetic, utilizat la sudarea cu arcul electric. **4** (1956) nr. 3 p.101—106, 9 fig. 3 tab.

CZ 621.36 : 621.791.7

Hb 6 — *Suceveanu Gh.* (Ing) : Influenţa rezistenţei aparente asupra aprinderii şi menţinerii arcului de sudură. **1** (1953) nr. 7. p.35—39, 9 diagrame.

CZ 621.36 : 621.291.7

Hb 7 — *Trăuşanu D. C.* (Ing.) : Tăierea anodo-mecanică a metalelor. **1** (1953) nr. 1/2 p. 62—64, 4. fig

CZ 621.36 :621.291.736

Hb 8 — [...] : Referate : sudură electrică. **5**(1957) nr. 1· p. 34; nr. 2.p.

I. ELECTRONICA, APARATE ELECTROBIOLOGICE ŞI ELECTROMEDICALE, TEHNICA RÖNTGENOGRAFICĂ

CZ 621.386.8 : 615.84

I 1 — *Ciofu S.* (Dr) şi *Vrinceanu R.* (Ing.) : Excitatorul electro-frenic aparat electronic, de respiraţie artificială. **3**(1955) nr. 8 p. 351—354, 6 fig

CZ 621.373.421

I 2— *Herşcovici H.* (Ing.) : Cu privire la funcţionarea oscilatoarelor RC cu defazare la frecvenţe înalte. **4**(1956) nr. 11.p. 513—521, 12. fig.

I 3 — *Hoppe E.* (Ing.) : Microstabilizatori de tensiune cu elemente de seleniu. **4**(1956) nr. 6.p.251—262, 16 fig.3.tab. bibliogr. 12 referinţe

CZ 621.38

I 4 — *Kaptov N. A.* : Electronica. Moscova 1954 : 467 p. (8°) [Rec : Anon. **3**(1955) nr. 7. Coperta III]

CZ 621.395.3 : 621.398

I 5 — *Mayer E.* (Ing) : Trohotronul, un nou tub electronic în automatică şi telemecanică. **4** (1956) nr. 2. p. 94—96, 10 fig.

CZ 621.385.18.012.6

I 6 — *Piringer R.* (Ing.) : O metodă pentru ridicarea caracteristicilor statice ale tuburilor electronice de putere. **4** (1956) nr. 4.p 172—176. 6 fig. 1 tab

CZ 621,385

I 7 — *Tănăsescu Tudor.* (Prof. Ing.) : Manual de tuburi şi circuite electrice. Vol. I. Buc. 1953 : 1 vol. (8°) fig. Acad. RPR. [Rec. Nicolau Edm. **4** (1956) nr.8 p. 388]

CZ 621.396.622.6

I 8 — *Tănăsescu Tudor.* (Prof. Ing.) : Transistori. **3** (1955) nr. 9 p. 369—379, 33 fig.

CZ 621.3 : 578.08

I 9 — [...] : Referate : Aparate electromedicale. **4** (1956) nr. 9 p. 429

CZ 621.38

I 10 — [...] : Referate : Electronica. **4** (1956) nr. 5 p. 242; nr. 6. p. 282; nr. 8.p. 383; nr. 19 p. 479; nr. 11 p. 527; nr. 12 p. 570

J. TEHNICA OSCILAŢIILOR ELECTRICE

CZ 621.371

J 1 — *Alpert J. L.* şi *Colab* : Propagarea undelor radio. Moscova 1954 : 883 p. (8°)
[Rec. : Nicolau Edm. **3** (1955) nr. 4.p. 169]

CZ 621.372.1 : 621.318.3 : 621.326.4

J 2 — *Avramescu Aurel* (Prof. Dr. Ing.) : Calculul circuitelor cu electromagneţi şi lămpi subtensionate / în scheme de automatizare/. **4** (1956) nr. 1 p. 7—15, 7 fig. bibliogr. 21 referinţe.

CZ 621.37

J 3 — *Bogatirev O.* : Metodică elementară de calcul a circuitelor electrice şi magnetice neliniare. Trad. **3**. (1955) nr. 1 p. 45.

CZ 621.372

J 4 — *Brillouin L. et Parodi M.* : Propagarea undelor în medii periodice. Paris 1957 : 348 p. (8°) Masson [Rec : Nicolau Edm.(Prof. Ing.) **5** (1957) nr. 9 p. 308]

CZ 621.371

J 5 — *Chessenih V.* : Propagarea undelor de radio. Moscova 1952 : 488 p. (8°)
[Rec : Nicolau Edm. **1** (1953) nr. 8. p. 39—40]

CZ 621.316.7.078.526

J 6 — *Costake N. N.*(Ing.) : Unele observaţii în legătură cu proiectarea servomecanismelor liniare de curent continuu. **4** (1956) nr. 2 p. 78—85, 3 fig. 4 tab. bibliogr. 10 referinţe

CZ 621.373

J 7 — *Groszkowski S.* : Generarea oscilaţiilor de înaltă frecvenţă şi stabilitatea frecvenţei. Moscova 1953 : 1 vol. (8°)
[Rec. : Nicolau Edm. **2** (1954) nr. 3 p. 119—120]

CZ 517.512.2 : 621.396.67

J 8 — *Halen E.* : Noi cercetări asupra sin şi cos integral iterat şi a funcţiilor de amplitudine, cu aplicaţii la teoria antenelor. Stockholm 1955 ; 44 p (8°) [Rec. : Nicolau Edm. (Prof. Ing.) **3** (1955), nr. 8 p. 368]

CZ 621.385

J 9 — *Helgiu I. V.* (Confer.) : Din proprietăţile şi aplicaţiile semiconductorilor : triodele cu cristal. **2**-(1954) nr. 4 p. 141—149, 12 fig. bibliogr. 12 referinţe.

CZ 621.375

J 10 — *Ioanin Gh.* (Ing.) : Amplificatori cu selectivitate variabilă şi amplificare constantă. **3** (1955) nr. 1.p. 20 — 23, 4 fig.

CZ 621.396.11.029.62

J 11 — *Ionescu G.* (Ing.) : Unele particularităţi ale propagării în unde metrice. **4** (1956) nr. 8 p. 371—377, 11 fig. bibliogr. 16 referinţe.

CZ 621.396.11.029.62

J 12 — *Ionescu G.* (Ing.) : Studiul comparativ al metodelor de calcul ale cîmpului electromagnetic în undele metrice, cu aplicaţie la 10 MHz. **4**(1956) nr. 12 p. 551—563, 28 fig. bibliogr. 24 referinţe

Cz 621.392.52.029.62

J 13 — *Kollar L.* (Ing.) : Analiza segmentului de linie ca filtru pentru unde ultrascurte. **3** (1955) nr. 9 p. 404-407, 5 fig

CZ 621.373

J 14 — *Lopuhin M.* : Producerea oscilaţiilor şi undelor electromagnetice prin flux de electroni. Moscova 1953 : 324 p. (8°) [Rec. Nicolau Edm. (Prof. Ing.) **2** (1954) nr.1 p. 40]

CZ 621.372.21

J 15 — *Minţineanu M.* (Prof. Ing.) : Invariantul propagării energiei electromagnetice pe circuite metalice. **3** (1955) nr. 11 p. 469—473

CZ 621.375

J 16 — *Moraru A.* (Ing.) : Maşina amplificatoare de curent continu : amplidina. **1** (1953) nr. 9 p. 40—47, 12 fig

CZ 538.565 :621.392.2.015.33

J 17 — *Nicolaide A. C.* : Metode de studiu al circuitelor electrice la impulsuri de tensiune. **3** (1955) nr. 5 p. 205—208. 5 fig.

CZ 621.37

J 18 — *Nicolaide A. C.* (Prof. Ing.) : Metode pentru studiul fenomenelor tranzitorii la transformatoare. **5**(1957) nr. 12 p. 428—429, 3 fig. bibliogr. 6 referinţe.

CZ 621.371

J 19 — *Nicolau Edm* (Prof. Ing.) : Particularităţile propagării undelor foarte scurte. **2** (1954) nr. 4 p. 131—140 23 fig.

CZ 621.315.051

J 20 — *Nicolau Edm.* (Prof. Ing.) : Conservarea energiei şi impulsului pe linii de transmisiuni în regim armonic. **3** (1955) nr. 7 p. 268—271, bibliogr 12 referinţe

CZ 621.372.2 : 517.9

J 21 — *Nicolau Edm.* : Stabilirea pe cale variaţională a ecuaţiilor liniilor. **4** (1956) nr. 4 p. 188—189 — Cf şi fişa următoare :

CZ 621.372.2 : 519.3

J 22 — *Freund P.G.O.*(Stud. Timişoara) : Generalizarea metodei variaţionale de stabilire a ecuaţiilor telegrafiştilor pentru cazul liniilor disipative. **5**(1957) nr. 5 p. 156

CZ 621.396.64.015.33 :621.376.6

J 23 — *Pauker V.* (Ing.) : Calculul unui amplificator de impulsuri cu reacţie negativă. **4** (1956) nr. 3 p. 125—129.5 fig. bibliogr. 6 referinţe.

CZ 621.375.3

J 24 — *Sapira Sergiu.* (Ing.Buc.) : Elemente de calcul ale amplificatoarelor magnetice. **5** (1957) nr. 8 p. 246—251, 7 fig. bibliogr. 9 referinţe

CZ 621.316.933.3 : 621.316.86.077.21

J 25 — *Stănciulescu Florin.* (Ing.) : Aspectul energetic al descărcărilor electrice prin rezistenţe neliniare. **3** (1955) nr. 8 p. 308—315. 11 fig.

J 26 — *Stănciulescu Florin.* (Ing.) : Calculul rezistenţelor neliniare cu unde de impuls. **4** (1956) nr. 1 p. 23—28 5 fig. bibliogr. 7 referinţe.

CZ 538.512

J 27 — *Stănciulescu Florin.* (Ing.) : Regimul periodic critic în circuitul serie RLC. **5**(1957) nr. 1 p. 27—28, 2 fig.

CZ 621.396 : 645.31.076.12

J 28 — *Vilcov N.* (Ing.) : Compensarea în circuitul catodic în amplificatoare de bandă largă. **3** (1955) nr. 5 p. 200—205, 3 fig.

CZ 621.375.227.094

J 29 — *Vilcov N.* (Ing.) : Distorsiunile neliniare datorite regimului tranzitoriu în amplificatorii clasa B. **4** (1956) nr. 11 p. 508—512, 4 fig

CZ 621.526.001.6

J 30 — *Vazaca Chr.* (Prof. Ing.) şi *Ianculescu Gh.* (Ing) : Principii fundamentale în proiectarea servomecanismelor. **3** (1955) nr. 10 p. 429—441, 13 fig.

CZ 621.375.5

J 31 — *Vincent A.* : Amplificatori dielectrici. Trad. **2**(1954) nr. 3 p. 114, 2 fig

CZ 621.373.921.13.016.35

J 32 — *Vulpescu N. şi Millea A.* : Stabilitatea frecvenţei oscilatorilor cu cuart. **4** (1956) nr. 5 p. 217—223, 12 fig. bibliogr. 5 referinţe

CZ 621.375

J 33 — [...] : Referate : Amplificatoare. **4** (1956) nr. 9 p. 429

K. TELECOMUNICAŢII

Ka. Cibernetica generală. Teoria Informaţiei

CZ. 621.392.6 : 621.318.5 : 522.8

Ka 1 — *Ioanin Gh.* (Ing.) : Procedee algebrice pentru obţinerea schemelor cu relee. **3** (1955) nr. 6 p. 237—243, 10 fig

CZ 621.372

Ka 2 — *Nicolau Edm.* : Introducere elementară in cibernetică. **4** (1956) nr. 8 p. 361—370, 19 fig. bibliogr, 14 referinţe

CZ 621.39 ; 621.37

Ka 3 — [*Nicolau Edm*] : Un nou simposion de teoria informaţiei. /Massaschusetts, Sept. 1956/.**4**(1956)nr. 12 p. 575—577

CZ 621.391

Ka 4 — *Spătaru Al.* (Prof. Ing.) : Introducere elementară in teoria comunicaţiilor /informaţiei/. **4** (1956) nr. 1 p. 37—39,1 fig

CZ 621.398

Ka 5 — *Tănăsescu Tudor.* (Prof. Ing.) : Congresul de automatică, Paris 1956. **4** (1956) nr. 9 p. 434—435

CZ 621.375.3

Ka 6 — [...] : Referate : automatizare, amplificatoare, maşini de calcul. **5**(1957) nr. 1 p. 31

Kb. Telefonie, Telegrafie.

CZ 621.395.44

Kb 1 — *Bobrovscaia I. C. şi Colab.* : Telecomunicaţii telefonice de înaltă frecvenţă pe linii de transport de energie electrică. Trad din l, rusă. **1** (1953) nr. 5 p. 39—44, 7 fig

CZ 621.391.1

Kb 2—*Condrea S.* (Prof. Ing.): Eficacitatea sistemelor de telecomunicaţii. 3(1955) nr. 8 p. 355—363, 14 fig.

CZ 621.395.74.003.1

Kb 3—*Constantinescu I.* (Prof. Ing.): Aspecte tehnice şi economice in reţeaua telefonică urbană. 3 (1955) nr. 12 p. 550—557, 12 fig. 1 tab

CZ 621.395.3

Kb 4—*Cruceru C.* (Ing.) şi *Costea Gh.*(Ing.): Cabluri de radiofrecvenţă coaxiale. 2 (1954) nr. 2 p. 68—77, 10 fig. 5 tab.

CZ 621.395

Kb 5—*Demilano P.* (Ing.): Cablul hertzian. 1 (1953) nr. 12 p. 23—29, 4 fig

CZ 621.395

Kb 6—*Grodnev I.* şi *Sokolov V.*: Cable coaxiale. Moscova 1954; 226 p. (8°)
[Rec: Anon. 3 (1955) nr. 7. Coperta III]

CZ 621.395.7

Kb 7—*Hoppe E.* (Ing.): Intrarea peste ocupat la centralele telefonice automate de tip „Tesla" USH-60 V. 1 (1953) nr. 3/4 p. 63—64

CZ 621.395.63

Kb 8 — *Livovschi L.* (Ing.): Calculul numărului de organe în centralele telefonice automate. 3 (1955) nr. 7.p. 294—304 25 fig. bibliogr. 21 referinţe

CZ 621.395.342/3 : 621.318.5

Kb 9—*Marinescu N.* (Ing.): Comparaţie între releele telefonice utilizate în sistemele de centrale telefonice automate Rotary şi pas cu pas. 3 (1955) nr. 6 p. 243—250, 18 fig. 3 tab

CZ 621.395.64

Kb 10—*Minjineanu M.* (Ing): Metode simplificate de calcul ale echilibrorilor pentru circuite amplificate. 2 (1954) nr. 5/6 p. 209—214.11 fig

CZ 621.395.34

Kb 11—*Papadache I.* (Ing.): Problemele dezvoltării serviciului telefonic automat. 4 (1956) nr. 10 p. 462—467, 3 fig.

CZ 621.395.44

Kb 12—*Perciun N.* (Ing.): Transmisiuni telefonice pe linii de transport ale energiei electrice. 3 (1955) nr. 4 p. 145—155, 15 fig.

CZ 621.395.3

Kb 13—*Puhalschi A. C.*: Măsuri pe linii de comunicaţii la mare distanţă. Moscova 1953 : 318 p. (8°)
[Rec: Nicolau Edm. (Prof.Ing.) 1 (1953) nr. 8 p. 39]

CZ 621.395

Kb 14 — *Vasiliu C.* (Ing): Distorsiuni şi perturbaţii în modulaţia de frecvenţă. 2 (1954) nr. 5/6 p. 215—222 12 fig. bibliogr. 7 referinţe

CZ 621.316.722.018.33

Kb 15—*Vlădescu Andrei.* (Ing.): Influenţa dispozitivului de reglaj automat al volumului asupra distorsiunilor de neliniaritate ale receptoarelor. 3 (1955) nr. 8 p. 345—351. 7 fig.

CZ 621.395

Kb 16—[...]: Culegeri de studii ştiinţifice relative la telecomunicaţii cu fir. /în l. rusă/. Moscova 1953: 1 vol. (8°) Acad. de Ştiinţe [Rec: Nicolau Edm. (Prof. Ing.): 2 (1954) nr. 3 p. 119]

CZ 621.395

Kb 17—[...]: Referate: Telecomunicaţii. 4 (1956) nr. 5 p. 242; nr. 6 p. 285; nr. 7 p. 337; nr. 9 p. 431; nr. 10 p. 478; nr. 11 p. 529; nr. 12 p. 572.

Kc. Radiocomunicaţii şi Televiziune.

CZ 621.396.877—

Kc 1—*Bădărău Mariana* (Ing.): Proiectarea antenelor parabolice. 3 (1955) nr. 7 p. 287—292, 8 fig. bibliogr. 8 referinţe.

CZ 621.396.722

Kc 2—*Bădărău Mariana* (Ing.): Radioreceptorul EM — 552. 3 (1955) nr. 10 p. 460—461, 2 fig.

CZ 621.397.5

Kc 3—*Bubuluc M.* (Ing.): Cîteva aspecte actuale ale televiziunii. 3 (1956) nr. 11 p. 499—508, 9 fig

CZ 621.396.722.001.6

Kc 4—*Dobrică I.* (Ing.): Probleme de calitate aie radioreceptorilor. 3 (1955) nr. 10 p. 442—445, 8 fig

CZ. 621.396.62

Kc 5—*Ferester C.* (Ing.): Radioreceptorul EM 541 /construit de „Electromagnetica" Buc./. 3(1955) nr. 5 p. 209—210, 2 fig

CZ 621.396.7

Kc 6—*Girlaşu St.* (Ing.): Repartizarea puterilor în etajele finale ale unui emiţător modulat pe placă. 2(1954) nr. 5/6 p. 205—208, 2 fig. 1 tab

CZ 621.396.67

Kc 7—*Ionescu A.* (Ing.) şi *Grumăzescu M.* (Ing.): Priza de pămînt în instalaţiile de audiofrecvenţă. 1(1953) nr. 3/4 p. 35—42, 7 fig

CZ 621.396

Kc 8—*Kollar L*: Transformarea frecvenţelor la calculul filtrelor electrice. 3 (1955) nr. 1 p. 24—26, 7 fig.

CZ 621.396.828

Kc 9—*Nicolau Edm.* (Prof. Ing.): Paraziţii radiofonici produşi de instalaţiile electrice şi combaterea lor. 1 (1953) nr. 11 p. 17—26, 23 fig. 4 abace

CZ 621.396.5

Kc 10—*Nicolau Edm.* (Prof. Ing.): Alegerea frecvenţei de lucru pentru a stabili o radiolegătură. 2 (1954) nr. 2 p. 57—61, 13 fig

CZ 621.396.82 : 621.376.5

Kc 11—*Rulea G.* (Ing.): Perturbaţii, diafonie, distorsiuni în radiorelee cu modulaţie de impulsuri. 3 (1955) nr. 12 p. 541—549. 14 fig

CZ 621.396.828

Kc 12—*Sapiro D.*: Alegerea parametrilor la elementele filtrelor pentru atenuarea paraziţilor industriali. Trad. 3 (1955) nr. 2/3 p. 108

CZ 621.373.421.621.376.3

Kc 13—*Sinnreich H*: Oscilator modulat în frecvenţă, de bandă largă cu circuit de defazare. 3 (1956) nr. 7. p. 327—329, 7 fig

CZ 621.373.421 : 621.376.3

Kc 14—*Smirenin B.* (Red): Manual de radiotehnică. Vol. I. Trad din l. rusă. Buc. 1954: 450 p. (4°) EES
[Rec: Katz E. şi Costea G. 2 (1954) nr. 5/6 p. 230—231]

CZ 621.396.828

Kc 15—*Solcan V.* (Ing.): Unele aspecte privind combaterea paraziţilor radioelectrici de natură industrială. 4 (1956) nr. 5 p. 224—233 15 fig. 2 tab. bibliogr. 11 referinţe.

CZ 621.396.1

Kc 16—*Stere R.* (Ing.): Probleme ale modulaţiei în impulsuri. 2 (1954) nr. 4 p. 26—28, 25 fig bibliogr. 9 referinţe.

CZ 621.396.6

Kc 17—*Tănăsescu Tudor.* (Prof. Dr. Ing.): Bilanţul puterilor în unele circuite din radiotehnica. 3 (1955) nr. 7 p. 261—268, 9 fig. 7 tab.

CZ 621.395.664.3.001.24 : 621.375.13

Kc. 18—*Vilcov N.* (Ing.): Calculul limitatorului cu cuplaj catodic. 4 (1956) nr. 4 p. 177—179, 3 fig.

CZ 621.375.2.029.3 : 621.385.3

Kc 19—*Vilcov N.* (Ing.): Calculul etajelor audio de putere cu triode lucrînd în clasa A. 4 (1956) nr. 7 p. 311—314. 2 fig.

CZ 621.396.1

Kc 20 — [...]: Nomogramă pentru valorile reactanţelor inductive şi capacitive /înaltă frecv./ în radiotehnică. **2** (1954) nr. 5/6 p. 227, 1 nomogramă.

Kd. Telecomandă. Telemăsurare.

CZ 621.316.7.077.2.621—526

Kd 1 — *Ahrendt W.*: Servomecanism practice. New York 1954: 1 vol. (8°) [Rec.: Ianculescu Gh. R. **4** (1953) nr. 10 p. 483—484]

CZ 621.398

Kd 2 — *Cazan St.*: Aparat indicator şi regulator al temperaturii şi al timpului de închidere a matriţelor. [pentru piese de bachelită]. **3** (1955) nr. 2/3 p. 106—107, 2 fig

CZ 621.316.7.078

Kd 3 — *Chestnut H. şi Mayer R.*: Servomechanisms and regulation system design. Vol. I. II. New York 1955: 2 vol. (8°)
[Rec: Constantinescu V. (Ing.) **4** (1956) nr. 5 p. 244; nr. 9 p. 436]

CZ 621.365.4.078.4

Kd 4 — *Crăciunoiu V.* (Ing.): Reglarea automată discontinuă a temperaturii în cuptoare electrice cu rezistenţă ohmică. **3** (1955) nr. 11 p. 483—490, 10 fig

CZ 621.34—523

Kd 5— *Damsker D.* (Ing.): Grupul generator-motor ca element de execuţie în acţionările automatizate. **4** (1956) nr. 4 p. 157—162, 3 fig, bibliogr. 5 referinţe

CZ 621.398

Kd 6 — *Dordea T.* (Ing.): Studiul şi calculul redresorului vibrator comandat electromagnetic. **1** (1953) nr. 12 p. 11—23, 7 fig

CZ 621.398

Kd 7 — *Duma M.* (Ing.): Automatica şi telemecanica: definiţii şi particularităţi. **2** (1954) nr. 3 p. 98—101, 1 schemă. bibliogr. 7 referinţe

CZ 621.53.001: 621.316.7.078

Kd 8 — *Fateev A.*: Bazele teoriei lineare a reglării automate. Moscova 1954: 295 p. (8°) [Rec: Ştefănescu M. (Ing.) **4** (1956) nr. 4 p. 196]

CZ 621.372.6.512.8

Kd 9 — *Goilav E.* (Ing.): Contribuţii la tratarea algebrică a schemelor electrice cu relee şi contacte multipoziţionale. **4** (1956) nr. 3 p. 130—138, 10 fig. 2 tab. bibliogr. 4 referinţe.

CZ 621.372: 338.062.16

Kd 10—*Lajoy M. H.*: Industrial automatic controls. New York 1955; 1 vol. (8°)
[Rec.: Ianculescu Gh. R. (Ing.) **4** (1956) nr. 10 p. 484.]

CZ 621.398: 654.9

Kd 11—*Marcu S.* (Ing.): Aparatajul sovietic de telemăsurare cu acţiune la distanţe mici. **1** (1953) nr. 10 p. 37—42, 6 fig

CZ 621.396.615.14.001.24

Kd 12—*Sora C.* (Ing.): Contribuţie la calculul oscilatorilor electronici autoblocaţi periodic. **4** (1956) nr.1 p. 40—44, 6 fig

CZ 621.398

Kd 13—*Stoleru B.* (Ing.): Elemente de calcul în automatizare. 1 (1953) nr. 8 p. 13—16, scheme.

CZ 621.317.7.077.2

Kd 14—*Thaller G. Yand. Brown R. G.*: Servomechanism analysis. New York 1956: 1 vol. (8°)
[Rec.: Ianculescu Gh. R. **4** (1956) nr. 9 p. 436]

CZ 621:526

Kd 15 — *Truxal I. G.*: Automatic control system synthesis. New York 1955: 663 p.(8°)
[Rec.: Ianculescu Gh. R. (Ing.). **4** (1956) nr 6 p. 291]

CZ 621: 526

Kd 16 — *Vazaca Chr.* (Ing.) şi *Ianculescu Gh. R.* (Ing.): Principii fundamentale în proiectarea servomecanismelor. **3** (1955) nr. 10 p. 429—441; **4** (1956) nr. 7 p. 315—324, 8 fig. bibliogr. 14 referinţe

CZ 621.398 (..):

Kd 17 — [...] Probleme de automatizare. (*Bibl. Anal. rom. soviet. Ser. Tehn. No. 22*). Buc. 1954: 1 vol. (8°) fig. Edit. ARLUS.
[Rec: Anon. **2** (1954) nr. 3 p. 120]

CZ 621.398

Kd 18 — [...]: Referate: Automatizare. **4** (1956) nr. 6 p. 284; nr. 9 p. 430; nr. 10 p. 476; nr. 11 p. 529

Ke. Electroacustica

CZ 621.3: 534

Ke 1 — *Kollar L.* (Stud. Leningrad): Rezonatori cu cuarţ pentru unde sonore. **1** (1953) nr.3/4 p. 59—61, 3 fig

CZ 621.3: 534

Ke 2 — [...]: Referate: Electroacustica. **4** (1956) nr. 5 p. 237; n 9 p. 432; nr. 11 p. 530; nr.12 p 565

L. TEHNICA NUCLEARĂ: OBŢINEREA ŞI UTILIZAREA ENERGIEI NUCLEARE ŞI A MATERIALELOR RADIOACTIVE

CZ 621.318.3: 539.17

L 1 — *Tănăsescu T.* (Prof. Dr. Ing.): Aplicaţiile electronicii în fizica nucleară /acceleratorul Van de Craaff pila atomică/. **3** (1955) nr. 6 p. 213—220, 16 fig.

CZ 621.039, 42—52

L 2 — *Tănăsescu T.*: Controlul şi automatizarea reactoarelor nucleare. **4** (1956) nr. 8 p. 342—348, 10 fig

CZ 621.384

L 3 — [...]: Referate: Energia nucleară. **4** (1956) nr. 10 p. 468; **5** (1957) nr. 3 p. 89

M. APLICAŢII DIVERSE ALE ELECTRICITĂŢII

CZ 621.34: 622

M 1 — *ASIT.*: Pentru o corespunzătoare introducere a motoarelor sincrone şi asincrone sincronizate în acţionări din industria petrolului. **3** (1955) nr. 9 p. 410—411.

CZ 624.85: 621.34

M 2 — *Botan N. V. Sebastian L.* şi *Poeata N.*: Acţionarea electrică şi utilajul electric al podurilor rulante normale. Buc. 1956: 332 p. (8°) Edit. tehnică. [Rec: Corlăţeanu V. (Dr. Ing.): **5** (1957) nr. 3 p. 96]

M 3 — *Crăciunoiu V.* (Ing.) şi *Enăchescu B.* (Ing.): Scheme de comandă pentru presinguri [maşini de călcat şi finisat în industria textilă]. **4** (1956) nr. 2 p. 86—89, 4 fig

CZ 621.33

M 4 *Damsker D.* (Ing.): Acţionări electrice. Buc. 1956; 1 vol. (8°) [Rec: Bală C. şi Nedelcu V. (Ing.) **4** (1956) nr. 2 p. 99—100]

CZ 621.34.66

M 5 — *Măgură G.* (Ing.): Motoarele electrice în fabricile de ciment. **1** (1953) nr. 1/2 p. 19—25. 4 fig

CZ 621.521: 6 1.142—83: 621.38

M 6 — *Nicolau Edm* (Prof ing): Utilizarea calculatoarelor electronice în automatică. **4** (1956) nr. 10 p. 456—461, 11 fig. bibliogr. 10 referinţe

CZ 681.14 : 061.3

M 7 — [*Nicolau Edm*] : Congres internaţional de tehnica calculatorilor digitali, Londra 1956. **4** (1956) nr. 12 p. 575

CZ 621.313,323.041.3

M 8 — *Novac I.* (Ing.) : Alegerea momentului de volant GD^2 pentru motoarele sincrone care antrenează maşini cu mers neuniform. **3** (1955) nr. 8 p. 389—392 1 fig.

CZ 621.3 : 622

M 9 — *Ozernoi M. I* : Electrotehnica minieră. Trad. din l. rusă. Buc. 1954 : 1 vol. (8°) fig. EES. [Rec : P o p a M. D. **3** (1955) nr. 6 p. 259—260]

CZ 621.34

M 10 — [...] : Referate : Aplicaţii speciale : maşini electronice de calculat, etc. **4** (1956) nr. 5 p. 241 şi 243 ; nr. 10 p. 477 ; nr. 11 p. 522.

ACCIDENTE ŞI AVARII — NORME, PRESCRIPŢII — CONGRESE, EXPOZIŢII — BREVETE

Na. Accidente şi avarii. Protecţie.

CZ 614.8 : 621.3

Na 1 — *Cosmin Gh.* (Ing.) : Consideraţii asupra construcţiei aparatajului antigrizutos /la Întrep. ,,Electroaparataj"/. **1** (1953) nr. 7 p. 19—25 : 14 fig.

Nb. Expoziţii Tîrguri de Mostre. Congrese. Rapoarte

CZ 061.3 : 621.3

Nb 1 — *ASIT.* : Consfătuirea cu tema ,,Folosirea curenţilor de înaltă frecvenţă la călirea pieselor şi fixarea plăcuţelor de aliaj dur pe scule aşchietoare". **2** (1954) nr. 3 p. 118.

CZ 051.3 :

Nb 2 — *ASIT.* : Calitatea produselor electrotehnice de larg consum /Referat la consfătuirea ASIT/.**2**(1954) nr. 3 p. 104—109

CZ 061 : 3 : 621.3

Nb 3 — *ASIT* : Consfătuirea pe ţară ,,Stabilirea consumurilor specifice de energie electrică în industrie şi reducerea lor progresivă". **2** (1954) nr. 5/6 p 229

CZ 061 : 621 :3

Nb 4 — *ASIT.* : Consfătuire asupra descoperirii şi folosirii rezervelor interne. **3** (1955) nr. 1 p. 47—48

CZ 061.3 : 621.3

Nb 5 — *ASIT.* : Consfătuire privind produsele electrotehnice de larg consum. **3** (1955) nr. 2/3 p. 111.

CZ 061.3 : 621.3

Nb 6 — *ASIT.* : Probleme electrotehnice în discuţia consfătuirii întreprinderilor metalurgice din reg. Stalin. **3** (1955) nr. 9 p. 410.

CZ 061,2 : 621.3

Nb 7 — *ASIT.* : Conferinţa electricienilor din RPR. [Apel]. **4** (1956) nr. 2 p. 55

CZ 0,61.3.621.3

Nb 8 — *ASIT.* : Convocarea celui de al 2-lea Congres. **4** (1956) nr. 6 p. 245

CZ 061.3 : 621.3 :

Nb 9 — *ASIT.* : Şedinţa lărgită a biroului din ianuarie a.c **5** (1957) nr. 1 p. 36

CZ 374.6 :62 :061.2

Nb 10 — *ASIT* : Consfătuire în legătură cu problema normării şi reducerii progresive a consumului specific de energie electrică în întreprinderile industriale. **5** (1957) nr. 3 p. 100

CZ 621.3 :061.3

Nb 11 — *ASIT.* : Lucrările celui de al 2-lea Congres ASIT. Rezoluţia **5** (1957) nr. 6 p. 165—169

CZ 621.3 : 061.3

Nb 12 — */ASIT/.* : Rezoluţia secţiei Energetică şi Electrotehnică în cadrul celui de al 2-lea Congres ASIT. **5** (1957) nr. 7 p. 230—232

CZ 621.3 : 061.3

Nb 13 — */Avramescu/ Aurel.*(Dr. Ing.) Tîrgul de mostre de la Leipzig 1957. **5** (1957) nr. 3 p. 100

Nb 14 — */Avramescu A.* (Dr. Ing.) : Cea de a 2-a consfătuire naţională asupra automatizării industriale. /Buc. 5—8 iunie 1957/. **5** (1957) nr. 7 p. 229

CZ 621.3 : 061.6 : 061.3.

Nb 15 — */Avramescu A.* / : Prima sesiune de comunicări tehnico-ştiinţifice ICPET. **5** (1957) nr. 8 p. 268

CZ 621.3.061.3

Nb 16 — *Budeanu C.* (Prof. Ing.) : Pentru participarea romînească la sesiunea CIGRE din 1948. **4** (1956) nr. 12 p. 577

CZ 621.3 : 011.3

Nb 17 — *Chivu Stoica* : Raport asupra proiectului de directive ale Congresului al 2-lea cu privire la cel de al doilea plan cincinal de dezvoltare a economiei naţionale 1956—1960. **4** (1956) nr. 1 p. 1—3

CZ 621.3 : 061.4

Nb 18 — *Ciofu V.* (Ing.) : Expoziţia ,,Economia planificată a RPR în plin progres". **1** (1953) nr. 1/2 p. 57—64, fig

CZ 621.3 :061.CEI :

Nb 19 — [*Comit. de Participare URSS.*] : Salut delegaţilor la reuniunea de la Moscova a Comis. electrot. internat. **5** (1957) nr. 7 p. 198.

CZ 621.3 : 061 CEI

Nb 20 — *Dunsheath Percy* (Dr. Preşed CEI) : Mesajul d-lui... privind sesiunea CEI de la Moscova 1957. **5** (1957) nr. 7 p. 197

CZ 621.3.061.3

Nb 21 — *Ferester C.* (Ing.) : Consfătuirea pe ţară cu tema ,,Îmbunătăţirea factorului de putere". [Rezumate şi rezoluţie]. **1** (1953) nr. 10 p. 43—48

CZ 621.3 : 06.055.5

Nb 22 — *Gheorghiu I. S.* (Prof. Ing.) : Din activitatea Inst. de Energetică [al Acad. RPR]. **1** (1953) nr. 9 p. 1—4

CZ 621.3 :061.3

Nb 23 — *Gheorghiu-Dej Gh.* : Raportul de activitate al C C al P. M. R. la Congresul al 2-lea al Partidului. **3** (1955) nr 12 p. 321—329

Nb 23 bis—*Hortopan Gh:* Reuniunea unională CEI **5** (1957) nr. 11, p. 391, 1 fot.

CZ 621.3 : 061.4 (430)

Nb 24 — *Kantar N.* (Ing.) : Cîteva noutăţi şi perfecţionări constructive prezentate de RDG la tîrgul internat de primăvară, Leipzig, 1956. **4** (1956) nr. 6 p. 288—289.

CZ 621.3 : 621.28 : 061.4 (437)

Nb 25 — *Kantar N.* (Ing.) : Expoziţia cehoslovacă de aparate electrice, electronice şi electroacustice. **4** (1956) nr. 8 p. 385—386, 3 fig.

CZ 621.3 : 061.4

Nb 26 — *Kantar N.* (Ing.) : Expoziţia ungară de industrie, mecanică fină, instrumente medicale şi aparate electrice **4**(1956) nr. 11 p. 531—532, 3 fig

CZ 621.311.1.027.3 : 061.24 (R)

Nb 27 — *Lazaride G.* (Ing.) Înfiinţarea Comit. nat. romîn pentru participarea la conferinţele energetice şi electrotehnice internaţionale. **4** (1956) nr. 12 p. 573—574.

CZ 621.3 : 061 CEI

Nb 28 — *Lazaride G.* (Ing.) Lucrările CEI. **5** (1957) nr. 3 p. 98—99

CZ 621.3 : 051.3

Nb 29 —*Lazaride Gh.* (Ing.): Din raportul Secţiei „Energetică şi electrotehnică" la al 2-lea Congres ASIT. **5** (1957) nr. 6 p. 192—196.

CZ 621.315.59.004 :061.3

Nb 30 —[*Mayer E.* (Ing.):] Conferinţa tehnico-ştiinţifică privind problemele de dezvoltare şi introducere a aparatelor cu semiconductori, Moscova 1956. **4** (1956) nr. 4 p. 194

CZ 621.8 :061.3 (430)

Nb 31 —[*Marinescu M.*]: Al 7-lea Congres al Asoc. de Electrotehnica, Weimar iunie 1957. **5** (1957) nr. 4 p. 129

CZ 621.311.1 027.3 : 061.3 (100) GIGRE

Nb 32 —*Mihăileanu C.* (Ing.): Lucrările celei de a 16-a sesiuni a Confer. internat a marilor reţele electrice (CIGRE), Paris 1956. **4** (1956) nr. 12 p. 533—539

CZ 621.3 : 061.3

Nb 33 —*Oanţă Gh.* (Ing.): Consfătuirea pe ţară ASIT cu tema „Coroziunea, reţelelor subterane". **1** (1953) nr. 12 p. 42

CZ 621.312

Nb 34 —*Oanţă G.* (Ing.): Problema introducerii şi extinderii tehnologiei (Consfătuirea ASIT). **4** (1956) nr. 8 p. 386

CZ 621.3. (063)

Nb 35 —*Nicolau Edm*: hotărîri recente ale Comit. Electrotehnic Internat. (IEC). **4**(1956) nr. 3 p. 144

CZ 621.372 : 061.3

Nb 36 —*Nicolau Edm*: Congresul internaţional de cibernetică de la Namur. **4** (1956) nr. 8 p. 384

CZ 681.14 : 061.3

Nb 37 —/*Nicolau Edm*/: Congres internaţional de tehnica calculatorilor digitali, Londra 1956. **4** (1956) nr. 12 p. 575

CZ 621.38 : 621.37

Nb 38 —[*Nicolau Edm.*]: Un nou simposion de teoria informaţiei, USA sept 1956. **4** (1956) nr. 12 p. 575—577

CZ 621.3 : 061.3 (R)

Nb 39 —[*Papadache*]*I*: Conferinţa asupra problemelor, automatizării industriale în RPR. **5** (1957) nr. 4 p. 130—131

CZ 621.3.078

Nb 40 —*Popov M.* (Ing.): Prima consfătuire pe ţară în problemele de automatizări. **3** (1955) nr. 6 p. 256—258

CZ 621.3 : 001 CEI

Nb 41 —[*Red*]: Comisia electrotehnică internaţională. **5** (1957) nr. 4 p. 101—102

CZ 621.3 : 061.3

Nb 42 —[*Red*]: Salut celui de al 2-lea Congres ASIT. **5** (1957) nr. 5 p. 133

CZ 621.3 : 061.3

Nb 43 —*S. I.*; A 3-a sesiune ştiinţifică de comunicări a cadrelor didactice din Inst. Politehnic Buc. (secţiunile de electrotehnică, maşini şi aparate, energetică). **5** (1957) nr. 6 p. 196.

CZ 621.311.1.027.3.061.3 (100)

Nb 44 —*Tănăsescu T.*: Cea de a 16-a sesiune a conferinţei internat. CIGRE, Paris 1956. **4** (1956) nr. 8 p. 384

CZ 621.3 : 06.055.5

Nb 45 —*Zalesschi A.* şi *Lovit G.*: 20 de ani de activitate a Asoc. unionale a ing. şi tehnicienilor din industria electrotehnică. Trad. **1** (1953) nr. 6 p. 45—48

CZ 621.3 : 061.3

Nb 46 —[...]: Lucrările sesiunii a 11-a a Comis. tehnice a organizaţiei internat de Radio /UIT/.**3**(1955) nr. 2/3 p. 110

CZ 521.3 : 061.3

Nb 47 — [...]: Consfătuirea de la Timişoara a lucrătorilor din întreprinderile de transport în comun cu tramvaiele **3** (1955) nr. 2/3p. 112—113

CZ 621.3 : 061.3 (R)

Nb 48 — [...]: Prima conferinţă a electricienilor din RPR Buc, 11—14 noiembrie 1957. **5**(1957)nr. 10 p. 309—310; — Program şi lista comunicărilor p. 350—352

CZ 621.3 : 061.6 : 061.3

Nb 49— [...]: Prima sesiune de comunicări technico-ştiinţifice a Inst. de Cercetări şi proiectări electrotehnice. **5** (1957) nr. 8 p. 233—234

Nc. Brevete şi invenţii

CZ 621.318.4 : 621.317.333

Nc 1 —*Aronovici E.* (Ing. ICPET): Aparat electronic pentru determinarea numărului de spire şi al scurtcircuitelor în bobinajele mici. **5** (1957) nr. 8 p. 262—263, 1 fig. 1 tab

CZ 621.313.1

Nc 2 —*Bălănescu E.*: Dispozitiv pentru executarea bobinajului echipotenţial la subansamblul rotor al generatorului de 1200 A. **2** (1954)nr. 5/6 p. 225, 2 fig

CZ 621.316.54

Nc 3 —*Brenner G.* (Ing.): Întrerupător automat, trifazic cu protecţie contra supraintensităţii şi cu dispozitiv de reconectare automată, repetată, a motoarelor în scurtcircuit, în cazul întreruperilor de alimentare [inov. tehnicianului Alex. Repeţeanu]. **1.** (1953) nr. 7 p. 32—35, 1 fig

CZ 621.3

Nc 4 —*Buşe V. D.*: Matriţă combinată pentru stanţarea şaibei buton de la întrerupătorul rotativ. (Inovaţie). **3**(1955) nr 4 p. 160—161, 4 fig

CZ 621.313.9

Nc 5 —*Climov V.* (Ing.): Dispozitiv pentru montarea şi demontarea rotoarelor la maşini electrice. **3** (1955) nr. 1 p. 43—44, 1 fig

CZ 621.3 : 51

Nc 6 —*Haqué W.* (Ing.): O riglă de calcul pentru consumuri specifice. [Inovaţie]. **1**(1953) nr. 12 p. 30—33, 7 fig

CZ 545.371.621.38

Nc 7 —*Herşcovici H.* (Ing.): Aparat electronic pentru măsurători industriale de pH. **4**(1956) nr. 6 p. 277—280,5 fig. bibliogr. 11 referinţe

Nd. Preseripţii şi Norme

CZ 389.6 : 621.3

Nd 1 —*Cazacu Vl.* (Ing.): Citeva observaţii asupra proiectului STAS „Electricitate magnetism: terminologie". **3** (1955) nr. 1 p. 37—38

CZ 621.313.061.3

Nd 2 —*Lazaride G.* (Ing.): Lucrări ale CEI privind maşinile electrice: 1. Serie unică de dimensiuni pentru motoare electrice. — 2. Standardizarea dimensiunilor capetelor de axe şi flanşelor de fixare pentru motoare asincrone în scurtcircuit. **5** (1957) nr. 2 p. 66—68, 2 fig. 4 fig.

CZ. 621.3.011.003.62

Nd 3 —*Nicolau Edm.* (Prof.) Ing: Asupra scrierii mărimilor electrice. [hotărîrile CEI]. **4**(1956) nr. 7 p.340

CZ 621.3 : 389.6

Nd 4 —[...]: Referate: Norme şi standarde. **5** (1957) nr. 9 p. 307

0. REDACTIONALE

0 1 — *ASIT* (**Secţia Electricitate**) : Planul de muncă pe anul 1953 în sectorul electricitate şi electrocomunicaţii. **1** (1953) nr. 3/4 p. 65—66

0 2 — *ASIT.* : În scopul îmbunătăţirii activităţii revistelor ASIT. **2**(1954) nr. 1 p. 39

0 3 — *ASIT.* : Dare de seamă şi plan de activitate. **3** (1955) nr. 4 p. 162—163

0 4 — *ASIT.* : Hotărîrea Consil.Cetral din 5.02.1956. **4**(1956) nr. 2 p. 53—54

0 5 — *ASIT.* : Dare de seamă asupra activităţii în anul 1955 şi plan de activitate pe anul 1956. **4**(1956) nr. 3 p. 145—148

0 6 — *ASIT.* : Şedinţa de lucru a Biroului Consiliului Central cu preşedinţii şi secretarii filialelor. **4** (1956) nr. 4 p. 194—195

0 7 — *Crişan I.* (Ing.) : Sarcini ale industriei electrotehnice în al 2-lea cincinal. **4** (1956) nr. 1 p. 4—6

0 8 — [*Federaţia Mondială a Oamenilor de Stiinţă*] : Declaraţie privind producţia şi experienţele cu armele nucleare. **4** (1956) nr. 6 p. 246

0 9 — *Niculescu D.* (Ing.) : Prietenia romîno-sovietică, chezăşia viitorului luminos al poporului nostru. **1** (1953) nr. 10 p—1—3

0 10 — *Panaitescu G.* (Ing.) : Din activitatea secţiei de electricitate a filialei ASIT Bucureşti. **4** (1956) nr. 5 p. 233—236

0 11 — [*Red*] : Cuvînt înainte. **1**. (1953) nr. 1/2 p. 1

0 12 — [*Red*] : Pentru îmbunătăţirea calităţii produselor industriei electrotehnice. **1** (1953) nr. 6 p. 3—4

0 13 — [*Red*] : 23 August. **1** (1953) nr. 8 p. 3—4

0 14 [*Red*] : A 6-a aniversare a proclamării RPR . **1** (1953) nr. 12 p. 3—4

0 15 — [*Red*] : Pentru lărgirea sortimentelor bunurilor de larg consum în industria electrotehnică. **2** (1954) nr. 1 p. 1—3

0 16 — [*Red*] : Indicator tematic 1954. **2** (1954) nr. 2 p. 79—80

0 17 — [*Red*] : Asupra orientării tematice a revistei **3** (1955) nr. 2/3 p. 49—50 : şi p. 115—116

0 18 — [*Red*] : 1 Mai **3** (1955) nr. 5 p. 165

0 19 — [*Red.*] : 11 ani de la eliberarea patriei noastre. **3** (1955) nr. 8 p. 305

0 20 — [*Red*] : Luna prieteniei romîno-sovietice. **3** (1955) nr. 10 p. 417—418

0 21 — [*Red*] : 1 Mai ziua solidarităţii internaţionale a celor ce muncesc. **4** (1956) nr. 5 p. 197—198

0 22 — [*Red*] : 12 ani de la eliberarea Patriei noastre. **4** (1956) nr. 8 p. 341

0 23 — [*Red*] : Contribuţia cadrelor tehnico-inginereşti electrotehnice, mobilizate de ASIT, în introducerea progresului tehnic. **4** (1956) nr. 10 p. 437—440

0 24 — [*Red*] : Sarcinile revistei noastre în urma plenarei CC al PMR din 27—29 decembrie din 1956. **5**(1957) nr. 1 p.1

0 25 — [*Red*] : A 40-a aniversare a Marii Revoluţii din Octombrie **5**(1937) nr. 11 p. 353.

0 26 — *Rusu O.* (Ing.) : Pentru îmbunătăţirea activităţii revistelor tehnice ASIT. **3**(1955) nr. 6 p. 254

0 27 — *Toţia H.*(Ing.) : Referate [din reviste sovietice şi poloneze]. **2**(1954) nr. 5/6 p. 228

0 28 — [...] : Referate si sumare de reviste sovietice :**1**(1953) nr. 1/2 p. 66—70 nr.3/4 p. 68-72 : nr.5 p. 46—48 : nr. 7 p. 40 : nr. 8 p. 37—40 : nr. 9 p. 47—48 : nr. 11 p. 47—48 : **4** (1956) nr. 1

0 29 — [...] : Răsfoind presa tehnica. Bibliografie. **3**(1955) nr. 1 p. 46 : nr.2/3 p. 108 : nr. 8 p. 367—368 : nr.9 p. 412—416 : nr. 10 p. 462—468 : nr.11 p. 519—520 nr.12 p. 571—574, T.M. 575—576

0 30 — [...] : Vizita prof. dr. Kovacs Karoly Pal la Consiliul Central ASIT.**3** (1955)nr. 10 p. 466

0 31 — [...] : Documentare. **4**(1956) nr. 1.p. 48—92 : nr.2 p. 96—95 : nr.3 139—143 : nr. 4 p. 190—193 : nr.5 p.237—244 : nr. 6 p. 280—293 : nr. 7 p.332—340 : nr. 8 p. 382—383 : nr. 9 p. 425—434 : nr. 10 p.. 468—480 nr.11 p. 522—530 : nr. 12 p. 504—572

0 32 — [...] : Table de materii anuale. **1** (1953) nr. 12 p. 43 44 ; **2** (1954) nr. 12 Anexe ; **3** (1955) nr.6 Anexa ; **4** (1956) nr.12, Anexa ; **5** (1957) nr. 12 Anexa.

0 33 — [...] : Un deceniu de la proclamarea R.P.R. **5** (1957) nr. 12 p. 393—394

0 34 — [*Avramescu A*] : Oaspeţi ilustri delegaţia Acad URSS. **5** (1957) nr. 12 p. 392

Indice de nume

PRESCURTĂRI :

D. **Discutii,** P : **Polemici.**
R. **Recenzent.**
X. **Nume menţionat în fişe**
\+ **Biografie, necrolog.**

Academia de Ştiinţe a URSS Aa 16
Adamuţ A. H Hb 1
Alpert J L X : Jl
Ambrozie C C 25
Andronescu Plautius Ae 1, Da 1, P : Aa 2,3, X : Ae 1
Ahrendt X : Kd 1
Antoniu I S Aa 1, Ae 2, 3, 4, C7, P : Aa 2, 3, 4
Apetrei C Bb 33
Arie A. Bc 1
Aronovici E C2, Nc 1
ASIT El Ml, Nb 1—12, O1—6
Aslan H Bb 1, 2
Avramescu Aurel Aa 2, 3,4, Bd 1, Da 2, Ha 1-3, J 2, N 13—15, P : Bc 17, O34,R : Ae 1

Bădărău Mariana Kc 1, 2
Bădică J Bd 2
Bainglass S Af 1
Bălă C Bb 3, Da 3, M 4
Bălănescu E Bb 4, Ec 2
Balasz M C 3
Basurmanov A Fl Fl
Barosu Mircea Ga 1
Bedighian L Ag 2
Berberian A Bb 1, 2
Bercu A Db 1
Berman A Gb 1, Ha 4, 5, 10, 11
Berlaschi M Aa 17
Bobrovscaia I C Kb 1
Birks J X : C 4
Birnbaum M Bc 2, C 26
Birzescu A C5, 30
Boaru M Bc 15
Bogatirev C J 3
Bogdănescu G P : Bb 8
Boţan N V Bb 5, X : M 2
Braghin C Bd 3
Braşovan M Hb 2
Brenner G Be 1, Nc 3
Brillouin L X : J 4
Bron OB Af 2
Bubulac M Kc 3
Budeanu C Db 2, Nb 16 — Aa 1

Bunea V Bb 6—8, Db 5, P :C 28
Burskhi S Z Bb 9
Buşe V D Ad 1, Nc 4

Calaşnicov S G X : Af 3
Cîrstea D Bb 10
Carter G W X : Ag 1
Cazacu Vladimir Nd 1
Cazan St Kd 2
Cedighian S Da 2, 4, 5
Centea O Bd 11, 38
Cerniavski F Aa 17
Chessenih V J 5
Chestnut H X : Kd 3
Chivu Stoica Nb 17
Ciofu S I1, Nb 18
Ciobotaru F Bc 18
Climov V Bb 12, Nc 5, P : Bb 13
Columbeanu P Af 4
Constantinescu J Af 4, Kb 3
Condrea Sergiu Kb 2
Corlăţeanu V Bc 3, 4, X :M 2
Corodeanu I F 2
Constantinescu V R : Kd 3
Cosăceanu Lidia Bc 13, Bd 11
Cosmin G Ad 2, Na 1
Costache N N J 6
Costea G Kb 4, R : Kc 14
Cotnăreanu I Be 2, Ga 2
Crăciunoiu V Kd 4
Creţu D Bb 33
Crişan Al Bb 14
Crişan I O 7
Cruceru C E 6, Kb 4
Crug C A X : Ag 2

Damscher D Kd 5, X : M 4
Demilano P Kb 5
Denuell Bb 14
Diaconu Lucia Ca 1
Dimo Paul Ag 3
Dobrev I Bd 4
Dobrică J Kb 4
Dolghinov A Be 3
Doetsch G X : Ae 5
Donici Silviu Be 4
Dordea T Kd 6
Duma Mario C 8, Kd 6
Dragu G C 7,
Drosdov N X : Db 4
Dunsheath P X : Nb 20

Eigeles S Bb 16
Einstein A X : Aa 6
Enăchescu B M 3

Fateev A X : Kd 9
Feder. Internat. a oamenilor de ştiinţă G 8
Ferester C Kc 5, Nb 21
Fouille A X :Ag 4
Fihman L Af 5, Bd 5, Ga 3, 4, 6, X : Ga 5
Fränkel D C 9—12
Fransua Al Bb 17
Freund PGO J 22

Genezarov M Aa 22
Gheorghiu C Bd 2
Gheorghiu I S Bc 7, Nb 22, R : Bb 40 + Aa 4
Gheorghiu Dej Gh Nb 23
Gillespie A X : C 13
Girlaşu St Xc 6
Goilav E Kd 9
Grigorovici R E 2
Grisaru F Bb 5
Grodnev J A : Kb 6
Grosu St Af 6,X Bc 5, 6, 8, 9
Groszkowescai S X : J 7

Grumăzescu M Kc 7
Grusevscki B V Ah 17
Gurevici L Aa 22
Gutman S Bb 5

Halen E X : J 9
Hardt M F 3
Haqué W Ae 6, Nc 6
Helgiu I V J 9
Herovanu M X : Ae 7
Herşcovici B Bb 18
Herşcovici H C 14—16,, 1, 2, Nc 7
Hertz H +Aa 2
Hoppe E C 17, Da 6, 7, 1 3, Kb 7, X : Da 16
Hortopan G Aa 10, Bb 19, Bc 10—12, C 18, Nb 23 bis
Hortopan V Da 8—9
Huhulescu M Ha 6

Ianculescu G. R J 30, Ha 12, Ki 16, R : Ha 12, Kd 14, 15
Inst. Studii Rom-Soviet X : Aa 15
Ioanin G J 10, Ka 1
Ionescu Emil E 3, 4
Ionescu G Af 7, J 11—12
Ivănescu A Aa 18
Ivaşcu V Ab 1, Bd 4, Da 10

Jerebţov J Aa 17
Joffe A F 4

Kalman E Ab 3
Kantar N E 5, 6, Nb 24—26
Kapţov N A X : I 4
Katz E R : Ec 14
Kiazim-Zade Aa 17
King-Wentworth W X : Bd 6
Köln W X : E 7
Kollar L L 13, Kc 3, Kd 1
Kovacs K P X : G 30
Kovacs P A Bb 20

Lajoy M X : Kd 10
Lavrov V M Aa 19
Lazaride G Nb 27, 29, Nd 2
Lăzăroiu F D Bb 21
Lazu C Aa 4, R : Ga 5
Leibovici J R : Ag 1
Leimdorfer A Be 5
Liuba V Bd 7
Livovski L Kb 28
L. L. R : Ae 5
Lopuhin M J 14
Lovit G Nb 45

Mădură G M 5
Mahalnischi S Aa 17
Manciu T Bb 22
Manea Florin Bb 23, 24, 25
Marc D Af 8
Manole G Ad 3
Marcu S Kd 11
Marcus Bruno Ab 2
Marinescu Malei Bb 26
Marinescu N Kb 9
Martak D C 19, Nc 8
Mastero S C 20
Mauduit A X : Be 6
Mayer E I 5
M — E Hb 30
M — M Nb 31
Mehedinţi D Bb 27
Mihăescu Mariana Be 4
Mihăileanu G Nb 32
Mihailov V V X : Be 7
Micloşi Cornel +Aa 3
Micloşi V Bb 45

Militaru P E 12
Millea A J 32
Minjineanu M J. 15, Kb 10
Mocanu C Ag 5
Moisil G Ag 6, Bd 6—10
Moraru Augustin Bd 28, Da 11, J 16
Morozov D P Bb 29,
Mozes C H Bc 13, Bd 11

Nachman M Aa 6
Nahmias Gaston F 8
Nanu A Bb 30
Nedelcu V N Bb 31—33, R : Bb 40, M 4
Neiman L R Aa 17—20
Netuşil A V X : Ag 7
Nicolae Maria Ab 2
Nicolaide A C Bb 34, J 17—18
Nicolau Edmond Ae 7, Af 9, C 21, 24, Da 12, J 19—21, Ka 2—3, Kc 9, 10, Nd 3, Nb 35—38, M 6,7 R : Ag 4, 8, Bd 17, I 7, J 1, 4, 6, 8, 14, Kb 13—16
Niculescu D Ad 4, O 9
Nistor N E 25
Niţu V I Bd 12, Be 8, Da 13
Novac J Bd 11, 35—39, M 8
Novacu Valer X : Af 9, Ag 8

Oanţă G Ha 7, Nb 33, 34
Oncică D Da 14
Ozernoi M X : M 9

Panaitescu G O 10
Papadache I Hb 8, Kb 11, Nb 39
Parodi M X : J 1
Parteni Antoni C Bc 14—15, + Aa 8
Pauker V J 23
Păun M Ga 7
Perciun N Kb 12
Pesici M R : Be 6
Petrov G N Bb 39, X : Bb 40
Piringher R I 6
Poiată N X : M2
Polivanov K M X : Ag 7
Popa A Be 9
Popa N Hb 5
Popa M D R : M 9
Popov M Nd 40
Popov M V C 26
Popescu Ch Ad 13, Da 15
Preda M Ag 12, 13, C 26
Predoiu A Be 11, C 27
Puhalski A C X : Kb 13

Rădulescu N C — 3
Raicu I Bb 41
Redacţia Aa 14, Nb 41, 42, O 11—16
Riabov M S X : E 9
Riazanov G Aa 22
Richter R X : Bb 43
Rivlin L B X : Bb 41
Rosenberg Nathan E 8, R : E 7
Roth Al E 2, 10, 11, Hb 5, 9, 10
Rulea G Kc 11
Rusu O O 26

Sabatin I Bd 14
Sălăgean T Bb 44, 45, Hb 1, 4, 5
Sapira Sergiu J 24
Sapiro D Kc 12
Saviuc V Bd 14
Schapira Walter E 12
Schneir Th Da 17, 18
Sebastian L X : M 2
Sebastgen Ervin E 4
Semlyen A Af 10, Bc 16, Be 12, Da 20, 21, R : Bb 42
Serban G Bc 3, 4
S I Nb 16
Sinnreich H Kc 13
Smighelski G Ad 4
Smirenin B X : Kc 14
Solcan V Kc 15
Şora E C 28, 29, Db 6, F 5, Kd 12
Spătaru Al Ka 4
Stamm H Bd 15
Stănciulescu Florin J 26, 27
Steţănescu M R : Kd 9
Stere Roman Aa 13, C 3G, Kc 16
Stoica V I Bb 29
Stoicescu G Ob 7
Stoleru B Kd 13
Suceveanu G Hb 6
Sukacev A P Aa 22
Szende A Ad 5

Tanach Valentin Ab 1, Da 10
Tănase E Ad 6
Tănăsescu Fl Bd 13
Tănăsescu Tudor Af 12, Ag 14, I 8, Ka 5, Kc 17, L 1, 2, Nb 44, P : Af 4, X : 1, 7
Tenescu Elena Bc 13
Thaller G X : Kd 14
Timotin Al Ag 15, Bd 6, R : Af 3, Ag 7
Török B Bc 17
Toţia H Bc 18, O 27
Trucxal J G X : Kd 15
Tugulea A Da 22, R : Af 3, Bb 12
Turbuţiu G F 6—9

Ungureanu C R : Db 4, 5
Untu R E 31

Vâlcov N J 28, 29, Na 18—19
Vajda M Bd 16
Vasiliu C Kb 14
Vasiliu M C 31
Vazaca Chr C 32, Ka 11, 12, J 30
Veinott C C X : Bb 46
Vincent A J — 31
Vlădescu Andrei Kb 15
Vonica I D d8
Voronov R A Aa 17
Vrinceanu R I — 1
Vulpescu N J — 32

Weismann I Ad 7, Bb 47, Be 13, R : Bb 43

Z H R : E — 9
Zaiţev A C — 33
Zaleschi A Nb 45
Zeigher S Aa 11

Elaborat : **Ing. O. Păduraru**